



Ricardo Jorge da Silva Palma RELATÓRIO DE ATIVIDADE PROFISSIONAL

Relatório de Atividade Profissional submetido como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores**

Júri

Presidente (Doutor, Filipe Cardoso, IPS-ESTS)

Orientador (Mestre, Teles Rodrigues, IPS-ESTS)

Vogal (Mestre, Manuel Ferreira, IPS-ESTS)

Dezembro 2013

À minha esposa e aos meus pais.

Resumo

No âmbito da adequação dos ciclos de estudo da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal ao designado Processo de Bolonha, pretendo com este relatório, enquanto licenciado “pré-Bolonha”, obter o grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, com base nas competências adquiridas no decorrer do meu percurso profissional e aqui descritas. Concluo que as funções desempenhadas permitiram-me consolidar e expandir os conhecimentos adquiridos na Licenciatura em Engenharia de Electrónica e Computadores.

Palavras-chave: Processo de Bolonha, Telecomunicações, Redes *HFC*, Redes Óticas, Manutenção, Processos.

Abstract

Within the suitability of Setúbal School of Technology's courses of study for the Bologna Process, I intend with this report, while "pre Bologna" graduate, to obtain a Master's degree in Electrical Engineering and Computer based on the skills acquired during my professional career, as described here. I conclude that the activities performed allowed me to consolidate and expand the knowledge acquired along the Electronics and Computers Engineering graduation.

Keywords: Bologna Process, Telecommunications, HFC networks, Optical networks, Maintenance, Processes.

Índice

Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice.....	iv
Índice de figuras	vi
Índice de tabelas	viii
Lista de Acrónimos e Siglas.....	ix
Capítulo 1 - Introdução	1
Capítulo 2 - Dataspring	3
2.1 - Enquadramento da empresa	3
2.2 - Funções desempenhadas	4
Capítulo 3 – Apoio Informático da EST Setúbal	5
3.1 – Enquadramento do Apoio Informático na EST Setúbal	5
3.2 – Funções desempenhadas	6
3.2.1 – Rede “e-U” e cablagem estruturada	6
3.2.2 – Aquisição de equipamento informático.....	6
3.2.3 – Gestão e manutenção do parque informático	7
3.2.4 – Outras atividades e formação	8
Capítulo 4 - ZON Multimédia.....	9
4.1 – Enquadramento da empresa	9
4.2 – Estrutura da organização	10
4.3 – Redes <i>HFC</i>	13
4.3.1 – Arquitetura das redes HFC.....	14
4.3.2 – Amplificadores de sinal RF.....	18
4.4 – Funções desempenhadas na área de Intervenção de Rede.....	21
4.4.1 – Manutenção de redes HFC	22
4.4.2 – Prevenção nas redes HFC.....	24
4.4.3 – Medidores de campo elétrico	25
4.5 – Funções desempenhadas na área de Análise de Rede	27
4.5.1 – Norma DOCSIS.....	28

4.5.2 – Indicadores	31
4.5.3 – Desenvolvimento e implementação de ferramentas de auxílio à manutenção	34
4.6 – Funções desempenhadas no âmbito da Operação e Manutenção de Redes	38
4.6.1 – Solução do problema de ruído no início de banda	38
4.6.2 – Interferência de sinais no espectro RF	41
4.6.3 – Rede de transmissão	42
4.6.4 – Rede ótica local e o problema da dispersão	45
4.6.5 – FTTH.....	49
4.6.6 – Gestão de projetos	51
4.7 – Funções desempenhadas ao nível da estrutura corporativa.....	55
4.7.1 – ITIL	55
4.7.2 - Análise de Impacto no Negócio.....	59
Capítulo 5 - Conclusões	61
Bibliografia / Referências On-Line	63

Índice de figuras

Figura 1.1 - Logotipo da empresa Dataspring.....	3
Figura 4.1 - Logotipo da empresa ZON.	9
Figura 4.2 - Diagrama de blocos da organização interna da ZON.	11
Figura 4.3 - Diagrama de blocos das principais Direções da Área Técnica.....	11
Figura 4.4 - Organização da Direção de Redes de Acesso.....	12
Figura 4.5 - Áreas internas da subdireção Operação e Manutenção de Redes.....	13
Figura 4.6 - Arquitetura simplificada de uma rede <i>HFC</i>	14
Figura 4.7 - Multiplexagem de vários comprimentos de onda óticos numa só fibra.	15
Figura 4.8 - Representação de um cabo coaxial do tipo <i>C500</i>	15
Figura 4.9 - a) Equipamento Ondulador/Inversor, b) <i>LPI</i>	17
Figura 4.10 - <i>Taps</i> de rede exterior à esquerda, e <i>taps</i> de prédio à direita.	17
Figura 4.12 - Amplificador RF <i>GainMaker</i> da <i>Cisco</i> , utilizado na ZON.....	18
Figura 4.13 - Elementos de afinação dos amplificadores: equalizadores (esquerda) e atenuador (direita).	19
Figura 4.14 - Diagrama de blocos de um amplificador de sinal RF.....	19
Figura 4.15 - Diagrama representativo onde se insere a operação da Intervenção de Rede.....	21
Figura 4.16 - Exemplo de sinótico de 2 setores de célula e respetiva alimentação elétrica.	25
Figura 4.17 - Detetor de fugas (à esquerda) e <i>channel tagger</i>	26
Figura 4.18 - Comunicação entre um modem e o <i>CMTS</i>	29
Figura 4.19 - Diagrama de blocos do processamento de sinal de <i>upstream</i>	29
Figura 4.20 - Espectro de <i>upstream</i> onde são visíveis diversos <i>bursts</i> de dados.	30
Figura 4.21 - Exemplo de apresentação de dados do <i>software ServAssure</i>	35
Figura 4.22 - Arquitetura do funcionamento do <i>FCNA</i>	35
Figura 4.23 - Modelo UML simplificado da base de dados do portal <i>FCNA</i>	36
Figura 4.24 - Organização do espectro de retorno típico da norma <i>DOCSIS</i>	39
Figura 4.25 - Esquema da banda de retorno do espectro <i>DOCSIS</i> afetado por ruído interferente até aos 30 MHz.....	40
Figura 4.26 - Esquema da banda de retorno do espectro <i>DOCSIS</i> sem afetação pelo ruído interferente de início de banda.	41
Figura 4.27 - Representação do espectro com portadora digital sobreposta.	42
Figura 4.28 - Representação aproximada do anel de transmissão em fibra ótica.....	43

Figura 4.29 - Exemplo de uma rede distribuída DWDM.	44
Figura 4.30 - Relação entre atenuação por km e comprimentos de onda de transmissão ótica, com detalhe das janelas.	44
Figura 4.31 - Pormenor de <i>software</i> de supervisão de um chassi do <i>OSN6800</i> da <i>Huawei</i>	45
Figura 4.32 - Exemplo de uma rede ótica local, segmento <i>upstream</i>	46
Figura 4.33- Representação do funcionamento de um amplificador ótico do tipo <i>EDFA</i>	46
Figura 4.34 - Representação esquemática da diferença do espaçamento entre canais óticos.	47
Figura 4.35 - Gráfico representativo da medida de <i>SNR</i> Ótico em canais <i>DWDM</i>	48
Figura 4.36 - Representação de uma rede ótica passiva (32 ligações) até casa do subscritor.	49
Figura 4.37 - Comprimentos de onda de funcionamento do <i>FTTH</i> na <i>ZON</i>	51
Figura 4.38 - Representação de um <i>diplexer</i> numa entrada/saída principal de um amplificador de rede.	52
Figura 4.39 - Exemplo de conetores a) Conetor de esmagamento b) Conetor de compressão. ..	53
Figura 4.40 - Estrutura (<i>framework</i>) do ITIL versão 2.	56
Figura 4.41 - Diagrama de fluxo entre as áreas do <i>Service Support</i>	58

Índice de tabelas

Tabela 4.1 - Diferenças de atenuação características do cabo coaxial tipo <i>C500</i> , numa distância de 100 metros.	16
Tabela 4.2 - Bandas de transmissão ótica em 2ª e 3ª Janela.....	50

Lista de Acrónimos e Siglas

BIA	<i>Business Impact Analysis</i>
BJT	<i>Bipolar Junction Transistor</i>
CMTS	<i>Cable Modem Termination System</i>
CPE	<i>Customer Premises Equipment</i>
CRM	<i>Customer relationship management</i>
CWDM	<i>Coarse Wavelength Division Multiplexing</i>
DCM	<i>Dispersion Compensation Modules</i>
DDI	<i>Direct Dial-In</i>
DOCSIS	<i>Data Over Cable Service Interface Specification</i>
DVB	<i>Digital Video Broadcasting</i>
DWDM	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i>
EDFA	<i>Erbium Doped Fibre Amplifier</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FCNA	<i>Fiber-Coax Network Analiser</i>
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
FET	<i>Field Effect Transistor</i>
FTTH	<i>Fiber To The Home</i>
HFC	<i>Hybrid Fiber Coax</i>
ITIL	<i>Information Technology Infrastructure Library</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
LPI	<i>Line Power Inserter</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MOS	<i>Mean Opinion Score</i>
MTA	<i>Multimedia Terminal Adapter</i>
MTTR	<i>Mean Time To Resolve</i>
OSA	<i>Optical Spectrum Analyser</i>
OSNR	<i>Optical Signal-to-Noise Ratio</i>
PAL	<i>Phase Alternating Line</i>
PLC	<i>Power Line Communication</i>
PLL	<i>Phase Locked Loop</i>

OLT	<i>Optical Line Termination</i>
ONT	<i>Optical Network Terminal</i>
OSS	<i>Operations Support System</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase-Shift Keying</i>
PBX	<i>Private Branch Exchange</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
RADIUS	<i>Remote Authentication Dial In User Service</i>
REDIS	Rede Digital Integrada de Serviços
RF	Rádio Frequência
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SLA	<i>Service Level Agreement</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SNR	<i>Signal-to-Noise Ratio</i>
STB	<i>Set-top Box</i>
TAP	<i>Terminal Access Point</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
UA	Unidade de Alojamento
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing</i>

Capítulo 1 - Introdução

A Declaração de Bolonha tal como a conhecemos pretende criar no espaço europeu um sistema de graus académicos comparáveis e facilmente compreensíveis por todos os países aderentes. Em 1999, os ministros de 29 países europeus, incluindo Portugal, reuniram-se em Bolonha e assinaram a declaração que estabelece a criação de um Espaço Europeu de Ensino Superior. Atualmente são 46 os países signatários da Declaração de Bolonha na Europa [1].

De forma a alcançar os objetivos de harmonização e uniformização dos sistemas de ensino superior a nível europeu, a Declaração de Bolonha propôs como objetivos aumentar a competitividade dos sistemas de ensino, maior flexibilidade, diplomas com reconhecimento mais amplo, promoção da mobilidade e empregabilidade no espaço europeu [1].

Considerando que os licenciados “pré-Bolonha” dispõem de escolaridade análoga à dos atuais mestres, se satisfizerem o estipulado no Decreto de Lei 74/2006, e que importa continuar a proporcionar condições para que os licenciados “pré-Bolonha” possam obter o grau correspondente ao nível de escolaridade que realizaram, o Conselho Técnico-Científico da ESTSetúbal determinou que os licenciados “pré-Bolonha” poderão obter o grau de mestre pela ESTSetúbal, num Mestrado referente ao curso de licenciatura que possuem através de 3 alternativas seletivas baseadas na experiência e percurso profissional do candidato [2].

Tendo em conta o acima exposto e sendo licenciado “pré-Bolonha” em Engenharia de Electrónica e Computadores com mais de 5 anos na área de formação, requeri a creditação da parte escolar do Mestrado e pretendo com este relatório apresentar o detalhe da minha atividade profissional devidamente comprovada, que será posteriormente submetida a discussão da experiência e competências adquiridas perante um júri.

Seguidamente irei descrever as atividades laborais que desempenhei, dando continuidade ao processo letivo iniciado a nível académico na EST Setúbal. Os próximos

dois capítulos são apenas um breve resumo das funções exercidas antes de ingressar na atual empresa onde desenvolvo a minha atividade profissional, a ZON, para cujas atividades reservo o maior destaque do presente documento, no capítulo 4.

Capítulo 2 - Dataspring

Após a conclusão do primeiro ciclo da licenciatura bietápica, em setembro de 2004, tive a oportunidade de frequentar um estágio profissional, proporcionado pelo gabinete Univa, da EST Setúbal, integrado no Programa de Desenvolvimento Educativo para Portugal, o PRODEP III. Contextualizando, o objetivo deste programa eram melhorar a qualidade da educação, contribuindo para uma cultura de iniciativa, responsabilidade e cidadania ativa; expandir e diversificar a formação inicial de jovens, apostando na qualidade e elevada empregabilidade das novas gerações; guiar e promover o desenvolvimento da sociedade da informação e do conhecimento em Portugal [3].

2.1 - Enquadramento da empresa

A Dataspring – Tecnologias e Sistemas de Informação Lda, então situada na Rua Cláudio Lagrange em Setúbal, operou entre 2002 e 2012 na área das tecnologias de informação e comunicação na região de Setúbal, nomeadamente na revenda e manutenção de *software ERP (Enterprise Resource Planning)* para gestão de clientes e ativos, instalação de redes estruturadas de internet, migração de centrais telefónicas convencionais para ligações *VoIP*, assistência de terminais de pagamento automático. Prestava ainda serviços de assistência técnica informática a pequenas empresas. A empresa era composta por cerca de 10 colaboradores que se dividiam pelos projetos e serviços nos quais a Dataspring estava envolvida.



Figura 1.1 – Logotipo da empresa Dataspring.

2.2 - Funções desempenhadas

No âmbito do estágio profissional, que teve a duração de 3 meses, desempenhei funções nas seguintes áreas: configuração de módulos de gestão, manutenção de terminais de pagamento “Multibanco” e reparação de computadores.

A configuração dos módulos de gestão do *software ERP* da marca portuguesa PHC, *software* específico para gestão de clientes, negócios e processos, consistia em adicionar novos blocos de funcionalidades aos existentes e garantir que o *software* funcionava corretamente de forma global. Adicionalmente efetuava a instalação e configuração de periféricos que interagiam com o *software*, nomeadamente *scanners* de códigos de barra e impressora de etiquetas para o módulo de gestão de stocks.

A manutenção de TPA (Terminal de Pagamento Automático) Multibanco englobava a reparação e retificação das ligações de dados com a máquina de registo de venda, bem como a ligação do TPA até ao repartidor privado do cliente referente ao acesso RDIS (Rede Digital Integrada de Serviços).

Por fim, a reparação de computadores consistia em deslocações a clientes que solicitavam assistência técnica onde tinha de solucionar problemas genéricos de *software*, trocar componentes de *hardware* avariado ou instalar maior capacidade, nomeadamente discos rígidos e memória *ram*.

Foi neste ambiente de uma pequena organização que tive o primeiro contacto com o meio empresarial contextualizado com a formação que acabara de adquirir na EST Setúbal, no primeiro ciclo da licenciatura bietápica.

Capítulo 3 – Apoio Informático

da EST Setúbal

A minha primeira atividade profissional a tempo inteiro viria a ser exercida na própria Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, EST Setúbal. Em abril de 2005, candidatei-me ao lugar de Encarregado de Trabalhos no então Apoio Informático, função que desempenhei durante cerca de 2 anos e 5 meses, desde o 2º semestre do primeiro ano da licenciatura até terminar o curso e mudar para a empresa onde atualmente exerço a minha atividade laboral.

3.1 – Enquadramento do Apoio Informático na EST Setúbal

A EST Setúbal caracteriza-se por ser uma instituição de ensino superior público, integrada no Instituto Politécnico de Setúbal, constituída formalmente em 1979, tendo iniciado a atividade letiva no ano escolar de 1988/89. Está localizada no Campus do IPS, na Estefanilha, concelho de Setúbal, formando alunos em diversos cursos de engenharia nomeadamente engenharia mecânica, engenharia eletrotécnica e de computadores, engenharia de automação controlo e instrumentação, engenharia informática, engenharia do ambiente e engenharia biomédica [4].

O Apoio Informático, em 2005, funcionava como a área de suporte às tecnologias de informação, transversal a toda a EST Setúbal, responsável pela manutenção do funcionamento da rede estruturada de dados, seleção e aquisição de material informático, manutenção de todo o parque de computadores e gestão de aplicações *software* específicas.

3.2 – Funções desempenhadas

3.2.1 – Rede “e-U” e cablagem estruturada

Na área das redes estruturadas de dados participei na implementação de uma rede de internet que permitia a qualquer utilizador local ou de outra instituição de ensino superior aderente, o acesso à rede sem fios com o mesmo nível de privilégios que dispõe na sua instituição de origem, o programa “e-U”, baseado no protocolo *RADIUS* (*Remote Authentication Dial In User Service*) [5]. Neste projeto, embora implementado pela empresa Siemens, toda a equipa do Apoio Informático esteve envolvida na definição da arquitetura de rede, configuração dos pontos de acesso, *switchs* e *routers*. Atualmente o programa chama-se “Eduroam” e assenta no mesmo objetivo de *roaming* de autenticação entre instituições superiores de ensino para o acesso sem fios à internet.

Em simultâneo toda a rede estruturada de internet foi renovada, pelo que participei na organização dos novos bastidores de *patching* e preparação das salas públicas de computadores para alunos, em conformidade com a norma ISO/IEC 11801 referente à cablagem estruturada.

3.2.2 – Aquisição de equipamento informático

Fui responsável por diversas aquisições de material informático, nomeadamente computadores para salas públicas de alunos, componentes de *hardware* de substituição e impressoras multifunções.

Quando existia a necessidade de aquisição de novos computadores ou outro tipo de material informático, efetuava um levantamento das especificações e características do equipamento que se pretendia adquirir, determinava os fornecedores que poderiam responder à nossa procura, num número nunca inferior a 3, e em conjunto com os responsáveis do Apoio Informático seleccionava o fornecedor ao qual adquirir o equipa-

mento. De salientar que todo este processo era desenvolvido de acordo com as regras estabelecidas no Decreto de Lei 197/99 relativamente à realização de despesas públicas e utilização da então “Central de Compras do Estado”.

3.2.3 – Gestão e manutenção do parque informático

No Apoio Informático tinha também como responsabilidade a gestão e sobretudo a manutenção dos equipamentos informáticos da EST Setúbal, ou seja, o parque informático do pessoal docente, não docente, laboratórios e salas públicas de alunos, ao todo cerca de 500 computadores.

Nesta função identificava, diagnosticava e resolvia problemas relacionados com o *hardware* dos computadores (*desktop* e portáteis) e os seus periféricos, bem como problemas de sistema operativo e de aplicações específicas. Ao nível do *hardware* a resolução dos problemas nem sempre era imediata porque implicava a compra de equipamento de substituição, nomeadamente fontes de alimentação e *motherboards*. No entanto, geria um reduzido número de computadores de reserva que eram disponibilizados ao utilizador do computador cuja reparação não podia ser imediata.

Relativamente ao *software*, na vertente de auxílio ao utilizador final, a maioria do trabalho estava relacionado com a configuração e gestão das cópias de segurança do cliente de e-mail, onde a grande maioria dos utilizadores trabalhava com o *Outlook Express 6.0*, parametrização dos vários programas do *Office XP* e *2003*, e auxílio nas configurações e utilização de *software* específico.

Do ponto de vista de gestão, as minhas funções estavam relacionadas com a participação na administração do *Microsoft Active Directory*, onde eram geridas as contas de acesso e autenticação ao domínio de rede, o funcionamento do servidor do sistema antivírus corporativo *Symantec* e, por fim, o controlo do sistema de créditos para impressão de documentos nas impressoras das salas públicas dos alunos.

3.2.4 – Outras atividades e formação

No Apoio Informático tinha também a responsabilidade de garantir a execução dos contratos de manutenção celebrados com os fornecedores de equipamento informático, nomeadamente impressoras, e gestão de garantias de equipamento recentemente adquirido.

Relativamente à central telefónica da EST Setúbal, o *PBX (Private Branch Exchange) Alcatel 4200*, fui responsável pela atualização do computador de suporte ao *software* de controlo da central, e configurava os encaminhamentos internos *DDI (direct dial-in)* para as respetivas extensões onde eram atribuídos os nomes lógicos. Quando requisitado, extraía os relatórios de comunicações durante o período solicitado.

Por último devo acrescentar que enquanto desempenhei funções na EST Setúbal, recebi através do Apoio Informático uma importante formação para a minha atividade profissional então presente e futura, o *CCNA (Cisco Certified Network Associate da Cisco)*. Frequentei as 128 horas da formação, lecionadas na EST Setúbal, tendo completado os 4 módulos: Conceitos Básicos de *Networking*, *Routers* e Encaminhamento Básico, *LAN switching* e encaminhamento intermédio, e Tecnologias *WAN*.

Capítulo 4 - ZON Multimédia

Através do gabinete Univa da EST Setúbal, concorri também a uma vaga para a PT Multimédia. Em Agosto de 2007, depois de várias entrevistas e da realização de testes psicotécnicos, foi-me proposta a integração num estágio remunerado na Direção de Operações e Engenharia da operadora TVCabo, com uma duração entre 6 e 18 meses. Embora sendo um estágio, decidi aceitar a oportunidade de trabalhar numa empresa de grande dimensão, na área de eletrónica e telecomunicações, ou seja, numa área de interesse pessoal e largamente abordada na formação académica.

No fim dos primeiros 6 meses de estágio fui convidado a assinar contrato a termo certo, tendo integrado os quadros da empresa no final de 2008. De realçar que em Outubro de 2007 realizou-se a separação, *spin-off*, da PT Multimédia face à Portugal Telecom pelo que doravante irei adotar o nome ZON sempre que referir as atividades laborais desempenhadas nesta empresa.

4.1 – Enquadramento da empresa

A ZON é um grupo empresarial que integra o principal índice bolsista nacional, o PSI-20. Tem uma das maiores cotas de mercado de televisão por subscrição e é líder na oferta de serviços *triple play* (pacote que inclui televisão por subscrição, telefone e acesso à internet). É também líder no mercado de exibição cinematográfica [6].



Figura 4.1 – Logotipo da empresa ZON.

A partir de 1999, a TV Cabo, então parte do grupo Portugal Telecom, responde à crescente procura de serviços de entretenimento e telecomunicações afirmando-se como o maior distribuidor de televisão ao domicílio e, mais tarde, torna-se o primeiro operador de internet de banda larga. Em 2008, após a separação da TV Cabo do operador tradicional, surge a ZON Multimédia como marca independente. A mudança de nome corresponde ao desenvolvimento de um novo tipo de organização centrada no cliente. Com novos processos comerciais e de engenharia, a ZON transformou-se num fornecedor de serviços integrados de alta de qualidade para o lar e para as empresas [7].

A ZON Multimédia é hoje um operador de telecomunicações com cerca de 1,6 milhões de clientes. Dispõe de uma vasta rede de fibra ótica espalhada pelo país, que chega a mais de três milhões de casas. A ZON é também o segundo maior fornecedor de acesso à internet e de voz fixa com 805 mil clientes e 989 mil clientes, respetivamente, de acordo com os resultados consolidados referentes ao 1º semestre de 2013. A ZON dispõe ainda de uma plataforma de satélite digital que permite a cobertura da totalidade do território nacional em termos de televisão por subscrição.

Atualmente o grupo ZON conta com cerca de 1600 colaboradores. No entanto o número irá certamente aumentar assim que estiver concretizado todo o processo de fusão com a operadora de telecomunicações móveis Optimus, iniciado em Agosto de 2013.

4.2 – Estrutura da organização

Neste ponto irei descrever, de forma sumária, a organização da ZON, enquadrando as minhas funções na complexidade de uma empresa desta dimensão. Não irei abordar a componente da ZON Conteúdos e Lusomundo pelo facto de não ser relevante para o documento.

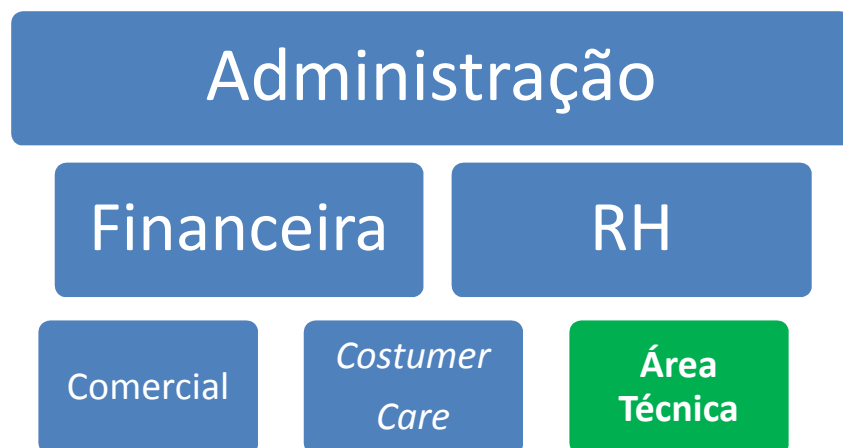


Figura 4.2 - Diagrama de blocos da organização interna da ZON.

Sendo a Administração composta por membros eleitos pelos principais acionistas, os Recursos Humanos e Área Financeira estruturas transversais a toda a organização, as áreas mais específicas do Negócio acabam por ser a Área Comercial, o *Customer Care* (o atendimento e a relação com o cliente) e a Área Técnica. As minhas funções inserem-se na Área Técnica, que desempenha na sua maioria o suporte tecnológico à prestação de serviços desta empresa de telecomunicações. A figura 4.2 não é exaustiva de todas as áreas existentes na ZON, no entanto representa as mais importantes.



Figura 4.3 - Diagrama de blocos das principais Direções da Área Técnica.

Dentro da Área Técnica, a Direção de Redes de Acesso é responsável pela infraestrutura física de rede, camada 1 do modelo *OSI*. A Direção de Sistemas e Infraestruturas é responsável pelas camadas intermédias do modelo *OSI* e equipamentos associados.

A Direção de Planeamento tem como missão conduzir as áreas técnicas de acordo com as necessidades de mercado e tecnológicas. Por fim a Direção de Sistemas de Informação tem como funções garantir o funcionamento de todo o sistema informático da empresa, para além de suportar todos os sistemas informáticos de apoio ao Negócio.

Relativamente às Redes de Acesso, a Direção onde estou inserido, é composta por três subdireções: Construção de Rede, Projeto e Implementação de Rede, e Operação e Manutenção de Rede.

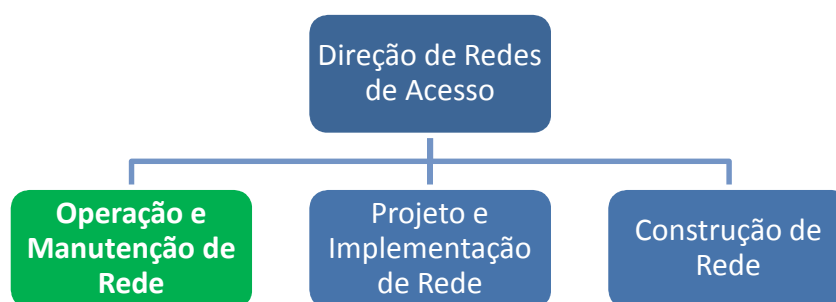


Figura 4.4 – Organização da Direção de Redes de Acesso.

A Operação e Manutenção de Rede é composta por cinco áreas como representado na figura 4.5. A Intervenção de Rede é responsável pelo acompanhamento dos parceiros técnicos no terreno e todas as atividades de manutenção ao nível da rede física. A Manutenção e Transmissão Ótica é responsável por garantir os *links* óticos de transmissão e a sua manutenção, em conjunto com a Intervenção de Rede. O Controlo de Intervenções e Operações garante o registo de todas as intervenções e operações na rede, controlando remotamente o parceiro técnico. Por fim, a Análise de Rede é responsável pela elaboração de relatórios de apoio à decisão, criação de *KPIs* (*Key Performance Indicators*) de rede, auxílio na resolução de problemas complexos que surgem nas redes *HFC* (*Hybrid fiber-coaxial*), rede híbrida composta por cabo coaxial e fibra ótica, redes óticas e desenvolvimento de ferramentas informáticas para facilitar a manutenção de rede e especificação de novos equipamentos.

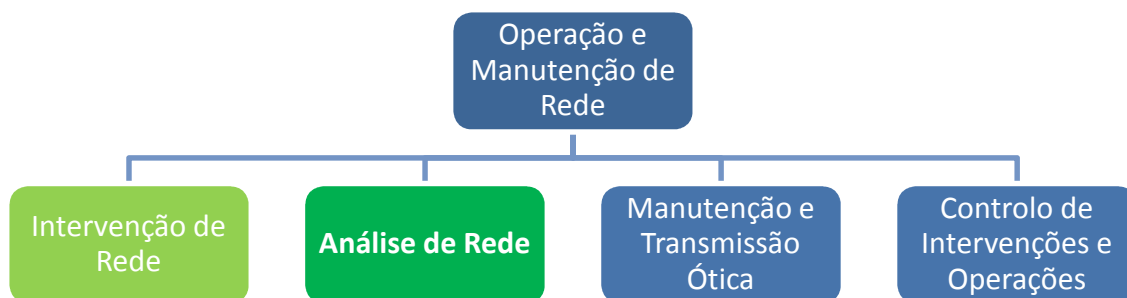


Figura 4.5 - Áreas internas da subdireção Operação e Manutenção de Redes.

Em 2007 integrei a área de Intervenção de Rede e posteriormente ingressei, dentro da mesma Direção, a área de Análise de Rede. Em ambos os casos detalharei as funções desempenhadas mais adiante no documento, reservando o próximo ponto ao enquadramento tecnológico que caracterizam as atividades realizadas.

4.3 – Redes *HFC*

As redes híbridas constituídas por fibra ótica e cabo coaxial para distribuição de televisão, voz e dados, conhecidas pelo acrónimo *HFC*, tiveram origem na primeira metade do século XX face à necessidade de obter uma boa receção do sinal de TV em locais cujo relevo e geografia não permitiam fazê-lo com qualidade. Tipicamente era colocada uma antena recetora num ponto alto e feita a distribuição do sinal por cabos que derivavam para as habitações, dando início ao que hoje chamamos de *CATV* (*Community Antenna Television*).

A tecnologia de fibra ótica foi integrada neste indústria por volta de 1980 para dar resposta à inclusão de canais regionais e internacionais na oferta de TV e consequente necessidade de obter maior largura de banda bem como de transportar o sinal a locais mais distantes.

Com a introdução de redes óticas em *CATV*, a largura de banda deixou de ser um problema na transmissão de TV em sinal analógico ou digital. Deste modo a introdução de dados sobre a rede *HFC* acabou por se fazer de forma natural a partir de 1990 com o auxílio de modems RF.

4.3.1 – Arquitetura das redes HFC

Atualmente as redes *HFC* têm tipicamente um *hub*, ou seja, uma sala técnica onde se agregam todos os sinais de TV analógicos e digitais captados local ou remotamente, com todo o tráfego de dados e voz que estão ligados à “nuvem”, representados na figura 4.6 pelo a).

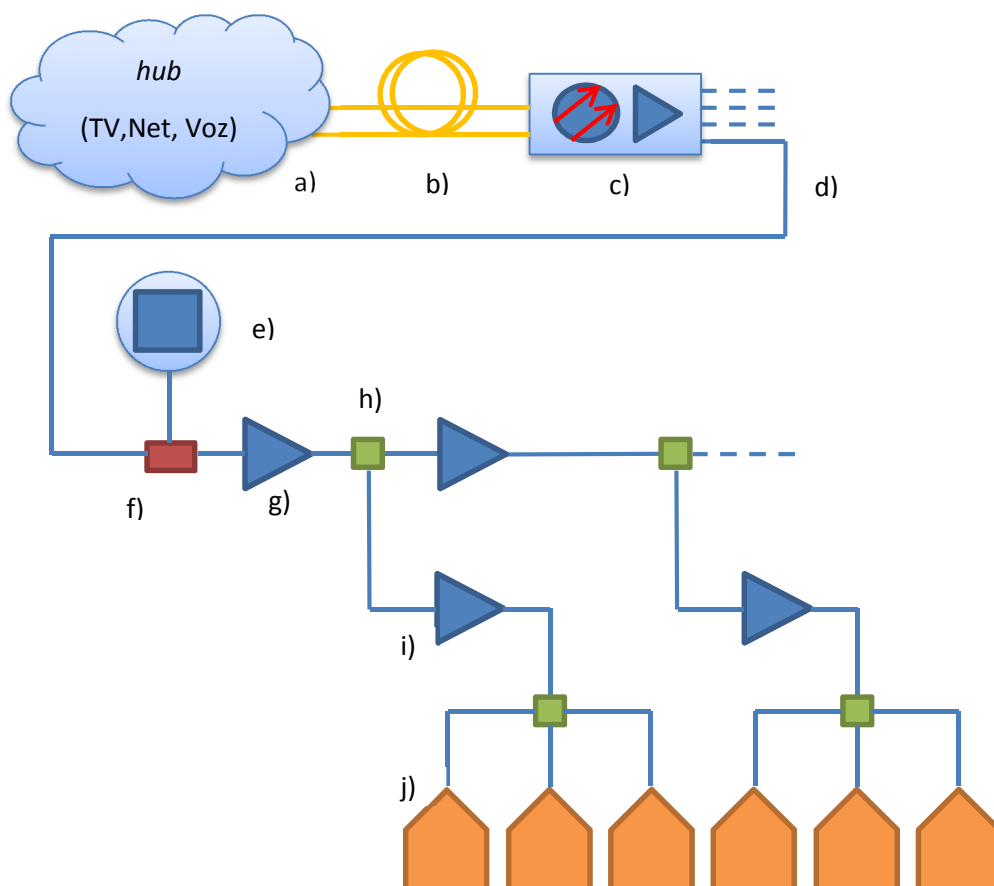


Figura 4.6 - Arquitetura simplificada de uma rede *HFC*.

Todo o tráfego de dados e conteúdos TV gerados no *hub* é enviado em fibra ótica, b). A recepção é feita no nó ótico, c), que transforma o sinal recebido ótico em sinal elétrico. Para otimização da infraestrutura de fibra ótica e redução de custos atualmente utiliza-se tecnologia *WDM* (*Wavelength Division Multiplexing*), que multiplexa na mesma fibra vários comprimentos de onda óticos. Adiante aprofundarei as características deste tipo de transmissão conjuntamente com as funções que tenho desempenhado.

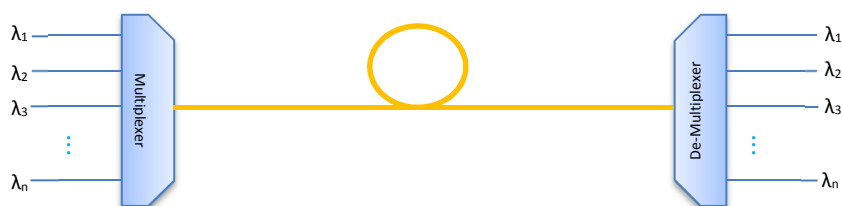


Figura 4.7 - Multiplexagem de vários comprimentos de onda óticos numa só fibra.

O nó ótico, c) da figura 4.6, é o primeiro elemento da distribuição dos sinais gerados no hub. Aqui o sinal ótico é transformado em RF e amplificado, existindo 4 saídas semelhantes que permitem uma transmissão em estrela para 4 setores, sendo o nó ótico o elemento central.

Os cabos coaxiais são as guias de onda capazes de levar o espectro RF para distribuição de sinal, em *CATV* com uma impedância característica de 75Ohm. Neste segmento de rede, d), os cabos utilizados têm um condutor central entre 2,7mm e 4,2mm e contabilizando o dielétrico e revestimento poderão ter no total entre 14mm e 22mm de diâmetro, atingindo um peso de 60kg por cada 100 metros de cabo.



Figura 4.8 – Representação de um cabo coaxial do tipo C500.

Dada à natureza dos sinais transportados se situar na gama de frequências entre *HF* e *UHF*, o condutor central é composto por alumínio e revestido a cobre, devido ao efeito pelicular (*skin effect*) onde as frequências nestas gamas se propagam numa guia de onda. A largura de banda necessária para transportar o espectro de frequências características dos operadores de cabo, aproximadamente 1GHz, realça os diferentes valores de atenuação consoante a frequência de cada portadora transportada, como constatado na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Diferenças de atenuação características do cabo coaxial tipo *C500*, numa distância de 100 metros.

Frequência	Atenuação (dB/100 m)
5 MHz	0.52
55 MHz	1.77
83 MHz	2.17
211 MHz	3.58
300 MHz	4.30
350 MHz	4.69
400 MHz	5.02
450 MHz	5.35
500 MHz	5.67
550 MHz	5.97
600 MHz	6.27
750 MHz	7.09
1000 MHz	8.27

Para alimentar o nó ótico e os restantes amplificadores de rede é necessário injetar energia elétrica no troço RF das redes *HFC*. As fontes de alimentação poderão ser apenas meros transformadores elétricos que transformam a tensão de 230V AC em 60V AC (que são utilizados na Europa, nas redes de cabo da América do Norte a tensão é de 90V AC), ou sistemas elétricos de alimentação ininterrupta que armazenam energia em baterias. Nestes últimos, em caso de falha de energia, as baterias fornecem a tensão DC ao ondulator/inversor que injeta os 60V AC na rede coaxial através do *LPI* (*Line Power Inserter*), e) e f) da figura 4.6.



Figura 4.9 – a) Equipamento Ondulador/Inversor, b) LPI.

Face à diferença entre a tensão alternada de 60V de amplitude e 50Hz de frequência com o sinal RF transmitido, ou seja, amplitudes inferiores a 100mV e frequências cerca de 1000 vezes superior, a energia para alimentação dos elementos ativos e o sinal RF convivem sem interferências no mesmo cabo coaxial.

A seguir à cascata de amplificação, detalhada no próximo ponto, inicia-se a distribuição do sinal RF apenas através de elementos passivos até ao último ponto de acesso, o *tap*, onde o cabo do subscritor irá ligar. De referir que os acopladores direcionais, *splitter* e *tap* são divisores de tensão, cujas perdas são projetadas de acordo com as necessidades da arquitetura de rede. É comum o sinal no *tap* estar projetado para chegar a 15dBmV, permitindo que em casa do subscritor ainda exista a possibilidade de dividir o sinal entre várias televisões e/ou outros equipamentos. Os fabricantes de equipamento recetor de sinal RF (TV's, *Set-top boxes* e modems) recomendam um nível de entrada nos seus *tuners* na ordem dos -5 a 5 dBmV, com limites entre os -15 e os 15dBmV, de modo geral.

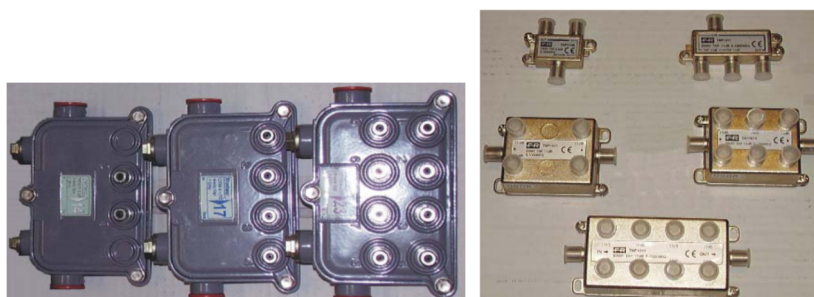


Figura 4.10 – *Taps* de rede exterior à esquerda, e *taps* de prédio à direita.

Por último, à semelhança de outras arquiteturas e redes de telecomunicações, também é chamada “célula” ao conjunto de amplificadores e sistemas de energia cujo elemento principal é o nó ótico. Deste modo a cobertura de uma área geográfica é realizada através da instalação de novas células que poderão ser contíguas ou não.

4.3.2 – Amplificadores de sinal RF

Devido à atenuação característica dos cabos coaxiais, já referida anteriormente, para efetuar a distribuição dos sinais RF em distância é necessário amplificar e equalizar o sinal transmitido. Em *HFC* os amplificadores de sinal, representados por g) e i) da figura 4.6, são tipicamente de classe B em modo *push-pull*, construídos com transístores *FET* de GaAs (Arsenieto de Gálio, um composto sintético fabricado a partir do Gálio e Arsénio). A vantagem face aos tradicionais transístores de silício está relacionada com a maior mobilidade dos eletrões e consequente maior velocidade de saturação, permitindo o funcionamento linear em frequências elevadas [8]. São ainda mais resistentes a elevadas temperaturas de funcionamento e introduzem menos ruído de alta frequência. De um modo genérico, todos os amplificadores de sinal RF das redes *HFC* são constituídos por ter 3 andares: andar de entrada, andar intermédio e andar de saída.



Figura 4.12 – Amplificador RF *GainMaker* da *Cisco*, utilizado na ZON.

À entrada, o sinal que chega ao amplificador, deverá ser atenuado e equalizado para entrar no primeiro andar de amplificação, tipicamente cerca de 10dBmV e *slope* (declive entre as frequências baixas e altas) 0dB para se obter um sinal de 50dBmV aos

750MHz na saída do último andar de amplificação. Portanto o ganho destes amplificadores ronda os 40dB.

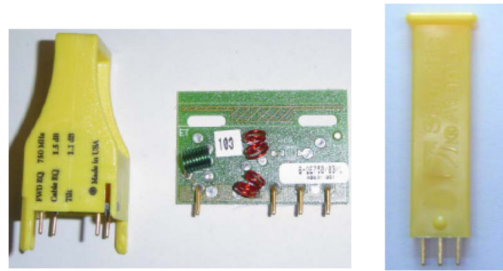


Figura 4.13 – Elementos de afinação dos amplificadores: equalizadores (esquerda) e atenuador (direita).

No andar intermédio é realizada mais uma etapa de amplificação, cuja saída já pode ser equalizada e derivada para mais do que uma saída amplificada. A equalização tem como objetivo proporcionar um *slope* de 8dB entre as frequências baixas e altas, ou seja, para uma saída a 50dBmV na portadora dos 750MHz, a primeira portadora nos, 90 MHz, terá uma potência de 42dB. A equalização do sinal de saída é necessária para mitigar os diferentes níveis de atenuação face à frequência e distância percorrida, conforme mostrado na tabela 4.1.

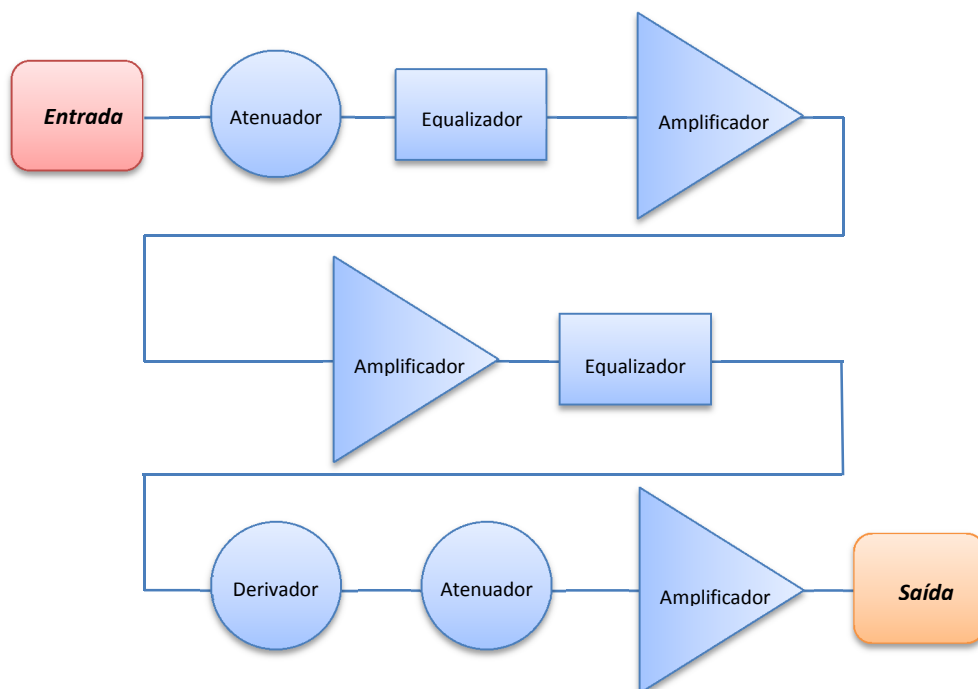


Figura 4.14 - Diagrama de blocos de um amplificador de sinal RF.

O último andar de amplificação corresponde ao andar de saída, onde o ganho total do amplificador é conseguido.

$$Ganho_{Total}(A)dB = A_{Entrada} + A_{Intermédio} + A_{Saída}$$

Devido à transmissão de dados se efetuar de forma bidirecional nas redes *HFC*, falta ainda referir o facto deste tipo de amplificadores conterem também um andar de amplificação referente à via de retorno, o *upstream*. Face à gama de frequências, onde o retorno funciona entre os 5MHz e os 65MHz, as perdas existentes no cabo coaxial são na ordem de 1dB por cada 100 metros de cabo (tipo *C500*), ou seja, a exigência de amplificação para percorrer a mesma distância é inferior relativamente ao *downstream*. Assim, tipicamente, os amplificadores RF de redes *HFC* têm apenas um andar de amplificação com um ganho na ordem dos 18dB.

4.4 – Funções desempenhadas na área de Intervenção de Rede

Em Agosto de 2007, quando iniciei a minha atividade profissional na ZON, integrei a equipa de Intervenção de Rede na Direção de Operação e Manutenção de Redes de Acesso. Paralelamente à análise da arquitetura da rede e estudo dos manuais técnicos dos equipamentos ativos de rede, acompanhei colegas da área que já tinham reconhecido a *know-how* nas características da operação de uma rede coaxial *HFC*.

A figura 4.15 pretende descrever onde, no âmbito de uma rede de *CATV*, as funções da Intervenção de Rede, e do modo geral, da Direção de Operação e Manutenção de Rede, é responsável por garantir o correto funcionamento da infraestrutura.

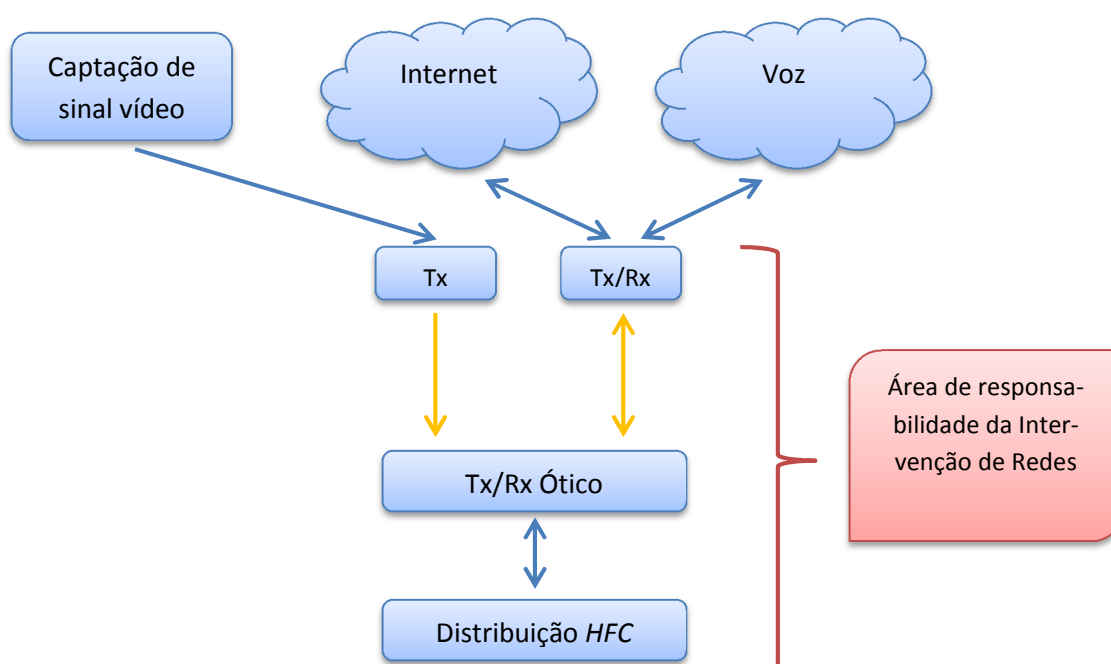


Figura 4.15 - Diagrama representativo onde se insere a operação da Intervenção de Rede.

Posteriormente, no ponto 4.6.4 deste documento, irei abordar a operação de emissão e receção ótica, representada na figura 4.15 pelas setas amarelas que representam os cabos de fibra ótica.

4.4.1 – Manutenção de redes *HFC*

Depois de familiarizado com a operação, foi-me atribuída uma área geográfica na qual era o responsável da manutenção corretiva das redes *HFC* tendo ainda que garantir a qualidade de rede nos patamares recomendados. Fiquei responsável pela manutenção da rede de acesso nos concelhos de Almada, Seixal, Sesimbra, Setúbal, Barreiro, Moita, Montijo, Alcochete e Évora. Posteriormente foi-me delegada também a responsabilidade de assegurar a manutenção de mais dois concelhos: Loures e Odivelas.

O trabalho da operação destas redes é entregue a parceiros técnicos, são eles que constroem e expandem a rede a partir de projetos elaborados internamente pela ZON. Fazem também todo o trabalho de construção civil necessário ao suporte das redes coaxiais, e são a primeira linha na resolução de incidentes na rede.

Contudo, desde a transmissão ótica a partir dos *hubs* até à entrega do sinal RF em casa dos subscritores, toda a rede está sujeita aos mais diversos tipos de fatores que podem afetar a qualidade dos serviços prestados.

No troço de fibra ótica a Intervenção de Rede tinha de assegurar que o sinal ótico que chegava aos nós não tinha atenuações que impossibilitassem o correto funcionamento do recetor ótico.

Nesta altura, finais de 2007 e início de 2008, toda a operação dos parceiros técnicos era efetuada de forma reativa, ou seja, cabia à ZON identificar os locais a intervir e informar o parceiro técnico a obrigação de realizar o trabalho necessário a mitigar o problema. As minhas funções nesta altura passavam por dar suporte às equipas dos parceiros técnicos no auxílio a problemas mais complexos que ocorriam, característicos de uma transmissão RF em cabo, gerir as prioridades das equipas de manutenção consoante o impacto nos subscritores, eliminar focos de reincidência de avarias, controlar e auditar

a qualidade da execução dos trabalhos solicitados bem como garantir a racionalidade na utilização de materiais e equipamento.

Os problemas mais complexos estavam invariavelmente associados a situações de ruído interferente e atenuações em determinadas gamas de frequências, nomeadamente ruído aditivo Gaussiano branco, ruído semi-aditivo Gaussiano branco e ruído impulsivo. A solução passava por investigar a fonte de ruído utilizando um analisador espectral, e identificar o elemento causador do fenómeno, que poderia ir desde conetores de cabo mal apertados até máquinas elétricas com terra deficiente.

A gestão de prioridades das equipas de manutenção está relacionada com o impacto dos incidentes nos serviços dos subscritores. Cabe à Intervenção de Rede interpretar e encaminhar as equipas técnicas para a sua resolução. Para tal é necessário conhecer todo o trabalho entregue ao parceiro técnico e alocar as equipas entre a manutenção preventiva e a manutenção corretiva para que os tempos de resolução, *MTTR*, se situem dentro dos objetivos da empresa.

A reincidência de avarias era outro elemento penalizador relativamente ao bom desempenho das equipas técnicas e a sua gestão. Vários incidentes semelhantes ocorridos num curto espaço de tempo são situações que levam os subscritores a desistirem dos serviços, por entenderem que o operador não resolve o problema de que se queixam. Deste modo havia uma responsabilidade acrescida de resolver eficazmente os incidentes à primeira. Neste âmbito a minha função consistia em explicar detalhadamente os diversos tipos de ocorrências às equipas técnicas, para que posteriormente percebessem o porquê de substituir ou corrigir de determinada forma, evitando o método de resolução “tentativa-erro”. Neste último caso certamente haveria reincidência visto que a causa originadora da avaria não teria sido corretamente mitigada.

Gerir a racionalidade e a eficiência dos métodos e materiais utilizados na operação da rede *HFC* foi outra das funções que desempenhei na área da Intervenção de Rede. Como responsável da empresa que contraía os serviços dos parceiros técnicos, era necessário garantir que os trabalhos preventivos e corretivos encomendados teriam uma execução orientada ao menor custo possível, sem que a qualidade dos sinais transportados fosse afetada. Por exemplo era comum o parceiro técnico preferir trocar um amplificador por outro com maior ganho do que procurar a origem da atenuação que provo-

cava a queda do sinal, acrescentando o valor reparação e não resolvendo a verdadeira origem do problema.

4.4.2 – Prevenção nas redes *HFC*

Devido à natureza dos serviços comercializados pela ZON, estes têm de estar disponíveis 24 horas por dia e 7 dias por semana. Por este motivo o parceiro técnico tem equipas de manutenção que estão disponíveis para efetuar manutenção corretiva fora do horário laboral comum e a Intervenção de Rede, por sua vez, tem de dar suporte a estas equipas.

Neste enquadramento, eu estava integrado numa escala de prevenção onde a cada 3 semanas depois do horário de trabalho, ou seja, a partir das 18 horas, teria de continuar disponível por telefone para o caso de existir algum incidente grave que afetasse serviços (televisão, internet ou voz), até às 9 horas do dia seguinte. Aos fins de semana a prevenção assegurava o suporte às equipas do parceiro técnico até às 9 horas da segunda-feira seguinte. Os problemas mais frequentes fora das horas expediente estavam relacionados com problemas elétricos, nomeadamente falhas de energia EDP, e problemas com os nós óticos derivados de acidentes de viação, vandalismo, ou avaria.

Quando se tratavam de falhas de energia EDP, era frequente ser apenas uma das três fases disponibilizadas pelo posto de transformação mais próximo que ficava sem energia. As células têm normalmente 4 setores e em cada um deles existe uma baixada de energia EDP, que está devidamente isolada das restantes para evitar curto-circuitos. Nestes casos de falha apenas de uma fase elétrica, a minha função seria encaminhar a energia de um dos setores que tivesse energia para o setor que não estava alimentado. Para isso era necessário reformular as configurações nos amplificadores que permitem a passagem de energia para outro setor e calcular o consumo total de corrente, avaliando se não ultrapassava os limites da potência contratada na baixada que passaria a alimentar 2 setores em simultâneo. Provisoriamente todo o projeto elétrico da célula estava alterado para mitigar a falta de energia fornecida pela EDP.

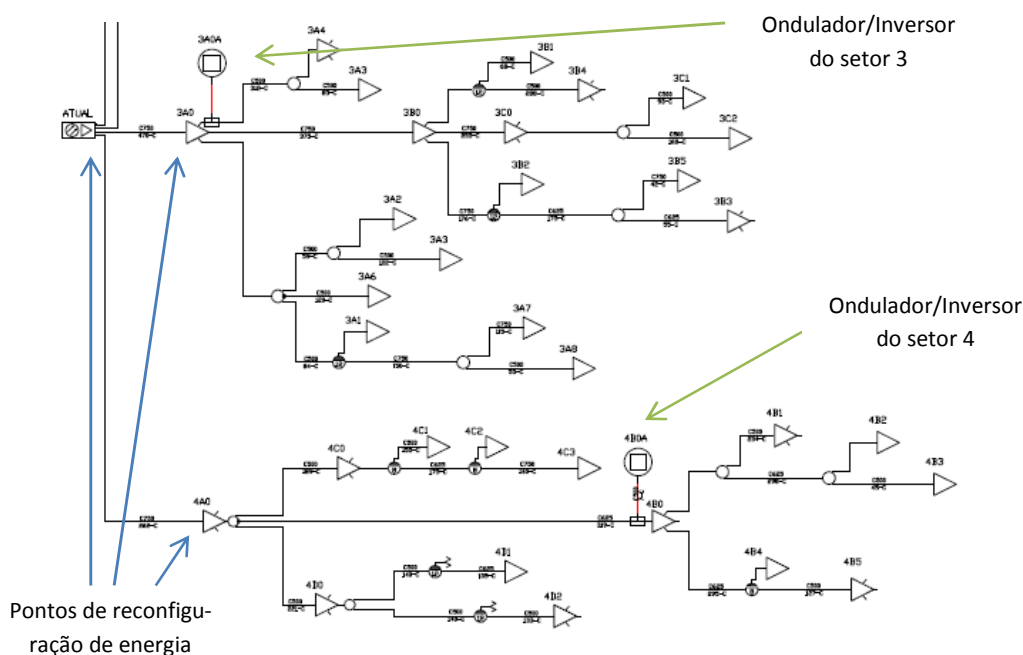


Figura 4.16 – Exemplo de sinótico de 2 setores de célula e respetiva alimentação elétrica.

Relativamente aos problemas com os nós óticos, frequentemente era necessário substituir componentes avariados, nomeadamente placas emissoras e recetoras, fontes de alimentação e placas de amplificação. Quando os incidentes em nós óticos estavam relacionados com acidentes de viação ou vandalismo, era necessário interpretar o projeto de rede e configurar o nó ótico de raiz de acordo com as especificidades e efetuar posteriormente o seu alinhamento.

4.4.3 – Medidores de campo elétrico

Paralelamente às funções e atividades referidas no ponto anterior, o diretor do departamento atribuiu-me a tarefa de participar na especificação dum equipamento para detetar fugas de sinal RF (e ingresso) dos cabos coaxiais e montar um processo de varrimento da rede que minimize os efeitos das fugas. Este tipo de equipamento tem duas

importantes vertentes: aumentar a eficiência da transmissão de sinal sem perdas desnecessárias e evitar interferências RF.

O detetor de fugas é, na prática, um medidor de efeito de campo que mede a intensidade do campo eletromagnético produzido por uma emissão RF. Contudo, em termos operacionais, interessa-nos medir apenas a componente elétrica do sinal radiado. Idealmente nas redes *HFC* não existiria qualquer fuga de sinal ao longo de toda a rede porque a propagação do sinal RF faz-se através de guia de onda. No entanto, os próprios cabos coaxiais e conetores, quando danificados, são excelentes pontos de fuga e consequente emissão.

No espaço livre há várias componentes e campos elétricos que se encontram associadas a frequências semelhantes, como por exemplo, uma frequência de rádio FM a emitir nos 107.2MHz e um canal modulado de TV analógica modulado nos 107.25MHz. Por outro lado, em locais onde a ZON opera em concorrência com a Cabovisão, é difícil distinguir qual a origem da frequência radiada. Para tal é necessário “marcar” a frequência na qual pretendemos medir o campo elétrico, ou seja, fazer *channel tagging*. Esta marcação é feita com recurso a um modulador instalado no *headend* que adiciona a uma portadora de TV uma componente modelada de baixa frequência, tipicamente uma onda sinusoidal entre os 3 e os 20Hz. Deste modo o detetor de fugas RF de uma rede *HFC* consegue discriminar se o campo elétrico presente em determinado local é ou não da responsabilidade do operador.



Figura 4.17 - Detetor de fugas (à esquerda) e *channel tagger*.

Através de um estudo de mercado concluiu-se que o equipamento que melhor se adequava à nossa necessidade de operação era o *Seeker Leakage Detector* da *Trilithic* por aliar a função de medidor de campo elétrico a um sistema de informação geográfica, ou seja, permitindo georreferenciar os pontos de fuga e a sua intensidade num mapa.

4.5 – Funções desempenhadas na área de Análise de Rede

Em Outubro de 2008, fui convidado a integrar o grupo de Análise de Rede como gestor da área. Paralelamente continuei integrado na escala de prevenção da Intervenção de Rede de forma a acompanhar de perto a manutenção física da rede e manter a sensibilidade dos problemas existentes nesta área de operação.

As principais funções da Análise de Rede naquela altura eram a elaboração de relatórios diários de incidentes e o agregado semanal da performance dos diversos parceiros técnicos sobre as áreas geográficas das quais eram responsáveis. A área da Análise de Rede é o grupo mais próximo do diretor da Operação e Manutenção de Rede, fornecendo os relatórios e indicadores que dão auxílio à decisão estratégica e orçamental na gestão O&M (operação e manutenção) da Direção de Redes de Acesso.

Atualmente continuo a desempenhar as funções de gestor da área da Análise de Rede, um grupo formado por mim e mais 6 colaboradores, segmentados por 4 atividades principais: produção de indicadores, desenvolvimento de novas ferramentas de auxílio à manutenção (a mais recente), análise da qualidade de rede e gestão de projetos. Nos próximos pontos irei descrever as atividades realizadas, começando pela abordagem à norma *DOCSIS* para melhor enquadramento.

4.5.1 – Norma *DOCSIS*

As operações nas *HFC* ao nível das redes de acesso estão fortemente ligadas ao *layer 1* (Camada Física) do modelo de *OSI*, como já foi anteriormente referido. Contudo, para uma melhor perceção do funcionamento deste tipo de arquiteturas ao nível da sua manutenção, é importante conhecer os protocolos e normas que percorrem estas redes e assim tornar mais simples a operação e manutenção, sendo necessário conhecer o *layer 2* – Ligação de Dados. Na infraestrutura ZON a transmissão de TV é efetuada em *broadcast* analógico (*PAL/BG*) e *broadcast* digital (*DVB-T*), sendo que o primeiro não tem qualquer tipo de correção do sinal transmitido e o segundo apenas dispõe de correção *FEC* baseado em códigos de correção *Reed-Solomon* ao nível das *set-top boxes*. A norma *DOCSIS* (*Data Over Cable Service Interface Specification*), a responsável pelo serviço de internet, devido à sua característica bidirecional, acaba por ser um importante alicerce à operação e manutenção das redes *HFC*.

A norma *DOCSIS* foi desenvolvida pelo consórcio *CableLabs*, que junta operadores de redes *HFC* e fabricantes de tecnologia, tendo sido a primeira versão apresentada oficialmente em Março de 1997 [12], permitindo, de modo genérico, a transferência de dados a alta velocidade em redes de cabo existente. Atualmente esta norma já vai na sua terceira versão, *DOCSIS 3.0*, reconhecida pela ITU com a série de recomendações J.222, permitindo velocidades que poderão ultrapassar 1Gbps.

Do ponto de vista global a norma *DOCSIS 3.0*, que está implementada nas redes ZON desde finais de 2009, caracteriza-se por permitir uma ligação de alto débito entre um modem na casa do subscritor e o *CMTS* no *HUB*. O *CMTS* é, genericamente, um *router* em que a interface de comunicação com os modems é feita em RF e a interface de serviço e interligação são semelhantes a qualquer infraestrutura de rede *IP*. Tipicamente o *CMTS* disponibiliza 4 portadoras digitais 256-*QAM* no *downstream* para que o modem receba os dados no sentido descendente e concentra 2 ou mais canais no sentido ascendente proveniente dos modems.

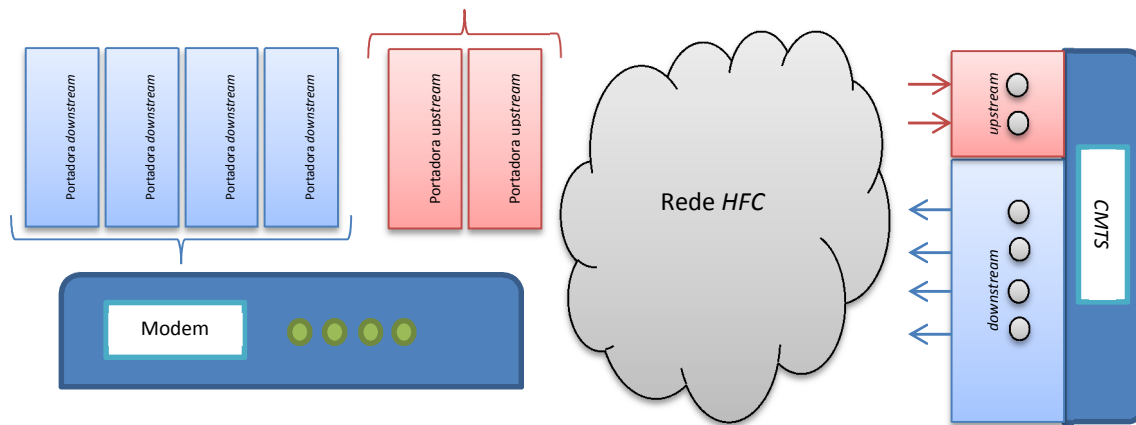


Figura 4.18 - Comunicação entre um modem e o CMTS.

A figura 4.18 mostra um tipo de ligação de dados numa rede de CATV, utilizando a norma *DOCSIS* numa configuração 4x2, ou seja, 4 *downstreams* para 2 *upstream*. Esta comunicação assimétrica tal como mostrado na figura anterior pode alcançar velocidades de 152Mbps no sentido descendente e 54Mbps no sentido ascendente. A versão 3.0 da norma *DOCSIS* não limita o número de canais de *downstream* e *upstream*, querendo isto dizer que podemos adicionar mais canais nos dois sentidos até preencher o espectro utilizado nas redes *HFC*, aumentando a velocidade da ligação de dados.

Detalhando um pouco mais sobre o *layer 2*, o processamento de sinal na banda de *upstream* é efetuado de acordo com o diagrama de blocos da figura 4.19, tendo em conta o tipo de acesso *TDMA* (*Time Division Multiple Access*).

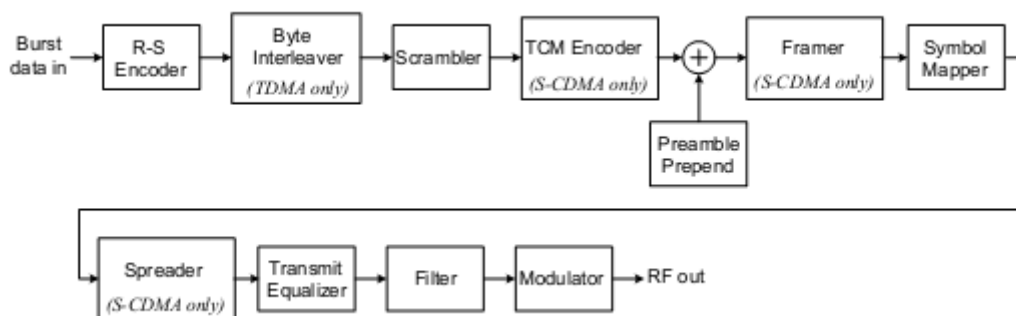


Figura 4.19 – Diagrama de blocos do processamento de sinal de *upstream*.

Os dados que entram no modem são agregados em blocos de informação separada, pacotes ou palavras, onde cada um é codificado através de algoritmos *Reed-Solomon*

permitindo posteriormente correção *FEC*, e seguidamente a adição de *bits* de correção intervalados nas palavras. Para efeitos de segurança, as palavras são criptografadas com uma chave conhecida pelo *CMTS* e posteriormente são adicionados os preâmbulos às palavras. Mais à frente, neste acesso *TDMA*, as palavras são mapeadas em símbolos de modulação e pré-equalizadas. Por fim os símbolos que serão transmitidos atravessam um filtro para se adequarem à frequência espectral e modulados em tempos precisos, que poderão ser *QPSK* ou de *8-QAM* a *64-QAM*. A saída é um sinal RF em modo *burst*, típico dos acessos *TDMA*, que poderá estar associado a uma ou várias frequências.

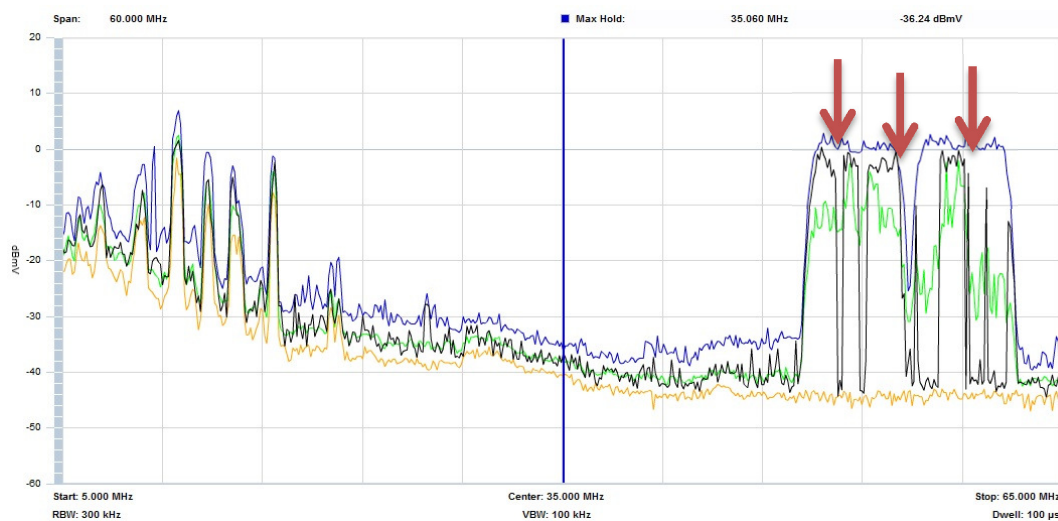


Figura 4.20 – Espectro de upstream onde são visíveis diversos *bursts* de dados.

O *downstream* é um processo menos complexo comparado com o *upstream*, visto que são portadoras fixas de *256-QAM* de 6MHz de largura de banda, partilhadas no espectro comum da mesma corda de transmissão. As portadoras, ou portadora, são sintonizadas pelo *tuner* do modem, encaminhadas para módulos de receção, onde se encontram as *PLLs*, sendo o sinal *QAM* desmodulado. Por fim os símbolos recebidos são transformados em palavras que seguidamente passam pela deteção e correção de possíveis erros, o *FEC*, sendo posteriormente entregues e disponibilizados ao protocolo *IP*.

Para que esta transmissão bidirecional *upstream/downstream* funcione com o mínimo de erros não corrigidos possíveis, é necessário que a rede *HFC* esteja dentro dos parâmetros de qualidade exigidos pela norma *DOCSIS*, e essa é uma das principais fun-

ções da Direção de Operações e Manutenção de Rede e do meu trabalho na ZON. Para atingir o objetivo de ter uma rede com uma transmissão sem erros baseamos muito do trabalho da Análise de Rede na componente *OSS (Operations Support System)* da norma *DOCSIS*. Nesta componente encontram-se automatizados todos os processos de controlo da norma, recolhendo dados físicos e de transmissão dos modems e *CMTS* bem como as suas configurações, tipicamente através do protocolo *SNMP*. Posteriormente estes dados são ainda tratados por um agregador, facilitando a leitura da informação. É importante ainda referir que a componente *OSS* não se resume à leitura dos dados físicos e de transmissão, contudo no âmbito da O&M é a principal função.

4.5.2 – Indicadores

Sendo o modelo de operação e manutenção física baseado em parceiros técnicos, o método de remuneração dos trabalhos realizados era efetuado à tarefa, ou seja, uma ordem de trabalho encomendada pela ZON ao parceiro tinha associado um valor que era posteriormente pago. Este modelo era especialmente útil em fases de grande expansão de rede e necessidade de uma enorme força de trabalho. Contudo, atingindo uma fase de maturação da rede onde as taxas de cobertura estavam próximas do projetado, este modelo de remuneração à tarefa deixava de ser eficiente em termos qualitativos.

Após uma análise financeira de vários anos referente aos pagamentos efetuados aos parceiros técnicos, determinou-se que seria realizado um contrato de dois anos de duração, relativamente à manutenção de rede *HFC*, em formato de contrato de avença. Desta forma, existindo um valor fixo pré-determinado em função do número de Unidades de Alojamento (pontos de ligação disponíveis para servir subscritores) do território geográfico, os parceiros técnicos não ganhariam mais dinheiro em deslocar-se a mais avarias ou manutenções, obrigando-os a resolverem bem à primeira e não terem de se deslocar sucessivas vezes sem qualquer remuneração extra. Associado a este modelo remunerativo foi determinado um bônus face ao valor de contrato, caso atingissem determinados objetivos de *QoS (Quality of Service)*. Para tal tornou-se fundamental a exis-

tência de indicadores e relatórios que espelhassem a performance da manutenção preventiva e corretiva.

Inicialmente o principal relatório era o agregado semanal dos *KPIs* medidos relativamente às áreas de atuação dos parceiros técnicos.

Os indicadores eram compostos por:

- Incidentes por mil UA: indicam o número de incidentes severos, ou seja, incidentes de rede *HFC* que indisponibilizem pelo menos um dos serviços (televisão e internet/telefone), por cada mil Unidades de Alojamento disponíveis.
- *MTTR (Mean Time To Resolve)*: é o tempo médio de resolução dos incidentes severos contabilizados no indicador anterior.
- Disponibilidade por degradação: mede a taxa de erros que ocorreram na transmissão, transformado em horas, sendo o cálculo efetuado sobre o número de horas degradadas sobre o total de horas disponibilizadas.
- Cordas abaixo do patamar de qualidade: indica quantas cordas (ligações físicas) de transmissão se encontram abaixo de um determinado nível, neste altura 24dB face ao ruído de fundo em banda de *upstream*.

Estes 4 indicadores de performance operacional eram posteriormente ponderados, evidenciando os incidentes por mil UA e o *MTTR*, e efetuado um ranking semanal entre os 14 territórios geográficos atribuídos aos diferentes parceiros técnicos. Agregando as várias semanas do mês, o mesmo indicador era compilado com uma visão mensal, sendo este relatório a base de pagamento de *QoS* aos parceiros, o que serviria para motivar as equipas a desempenhar melhor o seu trabalho, e um bónus face ao pagamento por contrato de avença.

Como abordado no ponto 4.4.3, referente aos medidores de campo elétrico, após a especificação e aquisição do equipamento de deteção de fugas e já a exercer funções na área da Análise de Rede, participei na elaboração de um processo transversal a todos os parceiros técnicos para que fossem efetuados varrimentos periódicos do nível de fugas das redes que operavam.

A recomendação da União Europeia para a emissão involuntária por radiação de sinal RF (fuga) deverá ser inferior a $20\mu\text{V/m}$. Determinámos que nos primeiros 3 meses de operação do equipamento *Seeker Leakage Detector* os parceiros técnicos teriam de fazer varrimentos semanais com um mínimo de 2000 amostras. Passados os 3 meses iniciais analisámos, através da ferramenta de georreferenciação, como abordar a resolução deste novo problema que anteriormente não tinham qualquer visibilidade. Deparámo-nos com valores substancialmente superiores aos $20\mu\text{V/m}$, e vimo-nos obrigados a determinar patamares de resolução 10 vezes superiores para que os pontos mais graves de fuga de sinal fossem primeiro resolvidos, através de ordens de trabalho emitidas internamente. Posteriormente criámos um indicador que media o facto dos parceiros técnicos efetuarem os varrimentos das fugas de rede e respetivas correções, adicionando mais um elemento ao quadro semanal de performance dos parceiros técnicos.

Por último, foi também adicionado um indicador referente ao cumprimento das ordens de trabalho dentro dos prazos definidos em contrato com o parceiro técnico, o *SLA* (*Service Level Agreement*), em que cada tipo de ordem de trabalho tem um *SLA* associado.

Mediante o grau de violação dos *SLA* acordados é definida uma pontuação, sendo a maior pontuação atribuída a quem não exceda os valores definidos por cada ordem de trabalho.

Conforme descrito, atualmente o quadro de indicadores é composto por:

- Número de incidentes severos por mil UA;
- *MTTR* referente aos incidentes severos;
- Disponibilidade por degradação;
- Cordas abaixo do patamar de qualidade;
- Realização de varrimentos e correção de fugas;
- Cumprimento dos *SLA* das ordens de trabalho realizadas;

O ranking e consequente *QoS* são calculados através das pontuações obtidas em cada um dos indicadores, sendo que a pontuação é atribuída consoante o desempenho correlacionado a tabela que define os intervalos de pontuação.

4.5.3 – Desenvolvimento e implementação de ferramentas de auxílio à manutenção

A disponibilização de dados pela componente *OSS* da norma *DOCSIS* traz bastante valor ao tratamento dos dados para posterior ação da manutenção preditiva e preventiva. A ferramenta corporativa, transversal a todas as áreas técnicas, que gere os dados referentes a níveis de receção de sinal, de emissão, relação sinal-ruído e erros corrigidos, tráfego, entre outros parâmetros, é o software *ServAssure* da empresa *Arris*. Relativamente ao processamento de dados de disponibilidade de serviço de internet e voz, este último através do sistema *MOS* (*mean opinion score*), o *Servassure* é uma fonte fiável onde baseamos muitos dos dados posteriormente transformados em indicadores de *performance* para os parceiros técnicos. É importante referir que este *software* faz *polling* com um período inferior a 5 minutos a todos os equipamentos que tenham modem incorporado na rede ZON, ou seja, modems, *MTA* (*multimedia terminal adapter*) que integra modem e telefone *VoIP*, e *set-top boxes* com serviços interativos.

Network Health

Search

Topology

Rate Center

View Name: Default View

View Owner: System

Cable Modem Table

Cable Modem	DOCSIS Version	US TX (dBmV)			US RX (dBmV)			US CER (%)			US SNR (dB)			DS CER (%)			DS SNR (dB)			DS RX (dBmV)		
		Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max
00D037ED5CFD	2.0	49.80	49.80	49.80	3.50	3.50	0.52	0.52	36.10	36.10	0.00	0.00	36.30	36.30	-3.70	-3.70	-3.70					
FC8E7E943E7A	2.0	51.00	51.00	51.00	3.00	3.00	0.48	0.48	36.10	36.10	0.00	0.00	33.20	33.20	-13.90	-13.90	-13.90					
00265B4A3870	3.0	44.50	44.50	44.50	3.00	3.00	0.42	0.42	36.10	36.10	0.00	0.00	35.40	35.40	-3.40	-3.40	-3.40					
BC1401C873D0	3.0	37.80	37.80	37.80	3.50	3.50	0.41	0.41	36.10	36.10	0.00	0.00	34.70	34.70	1.70	1.70	1.70					
68B6FC7FBAE0	3.0	48.30	48.30	48.30	3.50	3.50	0.40	0.40	36.10	36.10	0.00	0.00	35.90	35.90	0.00	0.00	0.00					
FC8E7E8B653B	2.0	55.20	55.20	55.20	1.00	1.00	0.37	0.37	36.10	36.10	0.00	0.00	36.00	36.00	-5.70	-5.70	-5.70					
00265B1A6C90	3.0	51.50	51.50	51.50	3.00	3.00	0.32	0.32	36.10	36.10	0.00	0.00	35.20	35.20	-7.90	-7.90	-7.90					

Figura 4.21 – Exemplo de apresentação de dados do software ServAssure.

Uma das características das redes de acesso *HFC* é a segmentação da sua arquitetura em árvore, ou seja, um amplificador avariado no final da cascata de amplificação não afeta os subscritores associados aos amplificadores no início da cascata. Se o número de subscritores servidos pelo amplificador avariado não for significativo, a média da célula é apresentada como estando dentro dos parâmetros de qualidade, mascarando um problema de rede.

Devido à falta de uma componente lógica que permitisse associar a arquitetura de rede com a informação da localização do subscritor, na Análise de Rede criámos um portal que permitisse correlacionar os dados de rede com uma agregação geográfica para aumentar a eficiência da manutenção preventiva, idealmente antes do subscritor percecionar menor qualidade nos serviços. O portal foi apelidado de *FCNA* (*fiber-coax network analyser*).

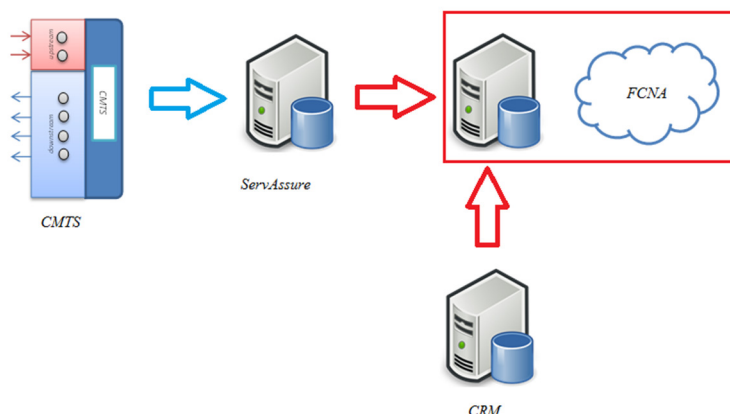


Figura 4.22 – Arquitetura do funcionamento do *FCNA*.

Todos os dados gerados pela componente *OSS* da norma *DOCSIS*, relativos aos modems, são enviados por todos os *CMTS* em funcionamento na rede para o servidor onde está alojado o *software ServAssure*, através do protocolo *SNMP*. Este servidor e a sua base de dados *Oracle* disponibilizam uma *view* para as várias tabelas que contêm os dados físicos da comunicação com o modem, onde a chave primária é o *mac address* de cada modem.

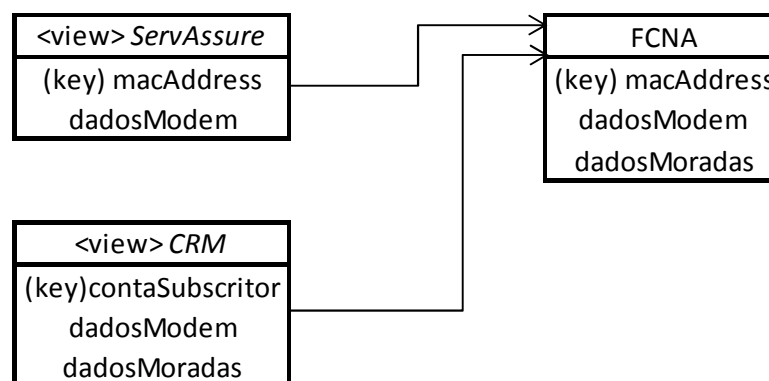


Figura 4.23 – Modelo UML simplificado da base de dados do portal *FCNA*.

Para obter a informação da localização geográfica do modem do subscritor, é necessário aceder à informação existente nos sistemas de informação de *CRM* (*customer relationship management*), que disponibilizam a *view* em *SQL server* para uma tabela que relaciona a informação de morada do subscritor com os *mac address* dos equipamentos que têm em sua posse (modems, *MTA*, *set-top box*).

A base de dados do portal *FCNA* está construída em *SQL server* que, através de conetores específicos, recebe a informação das *views* referidas anteriormente. Posteriormente correlaciona os dados pelo *mac address* do equipamento e disponibiliza a informação de transmissão dos modems agregado por localização geográfica e de rede, programado em *PHP*.

Para facilitar a interpretação dos dados atribuímos um código de cores aos sinais, isto é, verde para sinais dentro dos parâmetros de qualidade, amarelo para sinais no limiar dos parâmetros definidos pela norma *DOCSIS* e vermelho para sinais que estão fora dos intervalos de qualidade da norma. Criámos também um módulo de alarmística

que acaba por ser uma tabela apenas com os focos de sinais fora de parâmetros, para que a equipa da área do Controlo de Intervenções possa emitir ordens de trabalho para a resolução do problema antes que o subscritor o percecione.

O portal *FCNA* acaba por ser um projeto sempre em aberto permitindo adicionar novas funcionalidades e diferentes abordagens à interpretação dos dados de transmissão da rede de modems da ZON, com o objetivo de gerir as equipas de manutenção para uma melhoria da eficiência na resolução dos problemas de rede e garantir a qualidade dos serviços.

Ainda relativamente à implementação e desenvolvimento de ferramentas de auxílio à manutenção, outro projeto, recentemente iniciado, onde estou envolvido é a construção de um portal que permita perceber qual a distribuição geográfica das equipas técnicas dos parceiros face às ordens de trabalho existentes em sistema. Esta informação irá permitir aumentar a eficiência nas deslocações, aumentando o tempo disponível para outras tarefas, nomeadamente na manutenção preventiva.

4.6 – Funções desempenhadas no âmbito da Operação e Manutenção de Redes

As minhas atividades profissionais desenvolvidas na ZON, como referido anteriormente, iniciaram-se na área da Intervenção de Redes e atualmente desempenho funções de gestor na área da Análise de Rede. Contudo, sendo a área da Análise de Rede transversal a toda direção de Operação e Manutenção de Rede, desempenho mais atividades do que aquelas que são a missão da Análise de Rede. Neste ponto irei abordar algumas funções às quais dedico parte do tempo da minha atividade profissional, bem como problemas onde participei no desenvolvimento e teste de soluções.

4.6.1 – Solução do problema de ruído no início de banda

No domínio do RF, um dos problemas de rede que surgiu em 2008 e na solução do qual estive integrado foi o ruído de início de banda provocado por equipamentos *PLC* (*Power Line Communication*).

A banda de retorno, ou *upstream*, na norma *DOCSIS* está compreendida entre os 0 e os 65 MHz, ou seja, uma banda sujeita a interferências das mais variadas origens, entre outros¹:

- Telefones sem fios
- Rádio Amador
- Telecomando de modelos
- Redes privadas móveis

¹ Documentado no Quadro Nacional de Atribuição de Frequências da ANACOM.

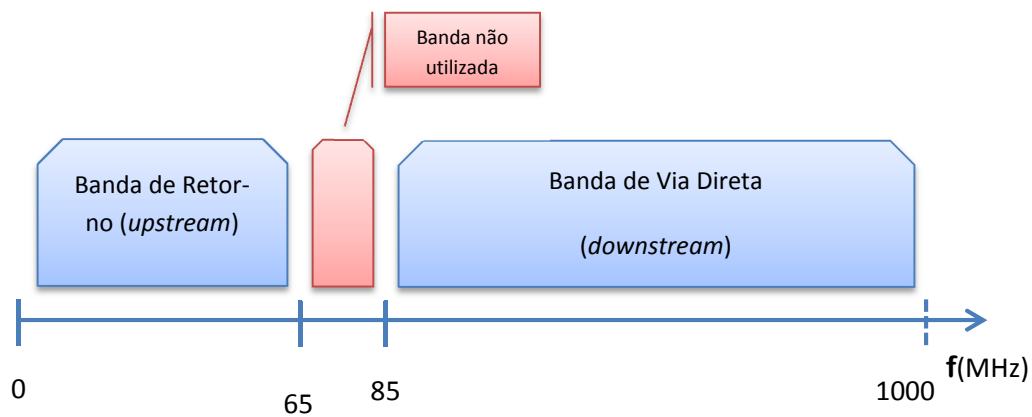


Figura 4.24 - Organização do espectro de retorno típico da norma *DOCSIS*.

Contudo o maior problema prendeu-se com o ruído proveniente dos equipamentos *PLC*, que funcionam tipicamente entre os 5 e os 30 MHz, quando operador Portugal Telecom começou a instalar este tipo de dispositivos no serviço MEO. Assim, redes elétricas com sistemas de terra deficientes e interligações de cabos coaxiais com sinal, provocavam batimentos eletromagnéticos e ruído impulsivo na banda de retorno ZON, provenientes da modulação *QPSK* emitida pelos *PLC*.

Na norma *DOCSIS* as portadoras de *upstream* fazem a comunicação de retorno, ou seja, a comunicação dos *modems* e outros *CPEs* (*Set-top boxes* e *Multimedia Terminal Adapters*) com o *CMTS*, são portadoras moduladas *QAM* de 16 e 64 bits, com 3,2 ou 6,4 MHz de largura de banda, onde os canais de acesso são do tipo *TDMA*. Deste modo as portadoras da banda de retorno utilizadas em *DOCSIS*, moduladas em *QAM* são interferidas pelos sinais dos *PLC* em modulação *QPSK*, provocando erros de modulação e por conseguinte erros nos dados transmitidos, sendo necessária a sua retransmissão e consequente aumento de *delay*.

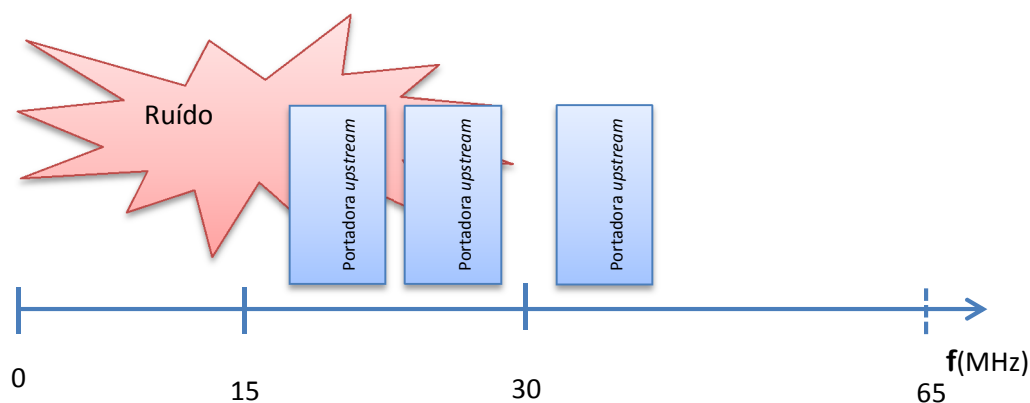


Figura 4.25 - Esquema da banda de retorno do espectro *DOCSIS* afetado por ruído interferente até aos 30 MHz.

Para solucionarmos este problema, a primeira hipótese foi alterar a configuração dos *upstreams* para modulação adaptativa, ou seja, em cenário de ruído que afetasse as portadoras de retorno, a modulação era automaticamente alterada para *QPSK*. Esta opção solucionava o impacto do ruído na transmissão, contudo a taxa de transmissão (*bit rate*) era afetada significativamente, provocando congestão no tráfego de *upstream* e podendo pôr em causa as velocidades contratadas pelos subscritores do serviço de Internet.

Como a alternativa anterior não era completamente válida chegámos à conclusão que a movimentação de todas as portadoras para frequências superiores a 30 MHz não ia contra a norma *DOCSIS* e contornava o problema da interferência provocada pelos *PLC*. Desta forma houve uma tarefa massiva de *frequency-hopping* (movimentação) das portadoras de *upstream*, o que daria mais tempo às equipas de terreno mitigar a origem do ruído sem afetar os subscritores. No terreno a solução era a colocação de um filtro passa alto, bloqueando os serviços de retorno, até que o subscritor agendasse uma intervenção para erradicação da fonte de ruído, tipicamente alteração de ligações.

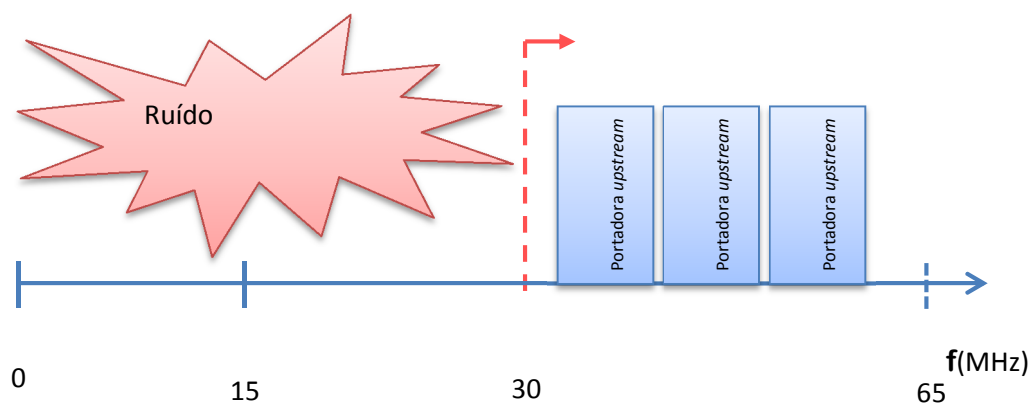


Figura 4.26 - Esquema da banda de retorno do espectro *DOCSIS* sem afetação pelo ruído interferente de início de banda.

4.6.2 – Interferência de sinais no espectro RF

Outra dificuldade que tivemos ao nível do espectro RF, neste caso na via direta, a banda entre os 85MHz e os 860MHz, estava relacionada com o aparecimento de erros de transmissão no protocolo *DOCSIS* numa portadora de internet, 256QAM, que tínhamos centrada nos 465MHz. Esta portadora estava replicada na maioria das células da rede ZON, no entanto os erros de transmissão, *BER*, eram apenas presenciados em algumas células. Estes erros requerem retransmissão dos dados e, por conseguinte, aumentam o atraso na comunicação (*delay*), que ao nível do protocolo *IP* se percebe em termos de velocidade de navegação.

Com o auxílio do analisador de espectro RF, a observação da portadora não revelava diretamente a presença de um problema de interferência ou ruído. Após diversos testes do lado da rede *HFC* e na cablagem do *CMTS*, os erros continuavam a acontecer. Solicitámos então à equipa de gestão dos *CMTS* que desligasse a portadora de internet dos 465MHz, a única que apresentava *BER*. Este despiste foi o ponto-chave na deteção da causa dos erros, porque por trás desta portadora estava outra portadora praticamente com as mesmas características, ou seja, onda quadrada com 8 MHz de largura de banda.

Após investigação descobrimos que a portadora pertencia ao operador Rádio Móvel, que emitia uma portadora também com largura de banda de 8MHz centrada na frequência dos 466MHz, ou seja, estava desfasada da nossa portadora apenas 1MHz, que visualizado num analisador espectral comum, não era evidente a sua deteção.

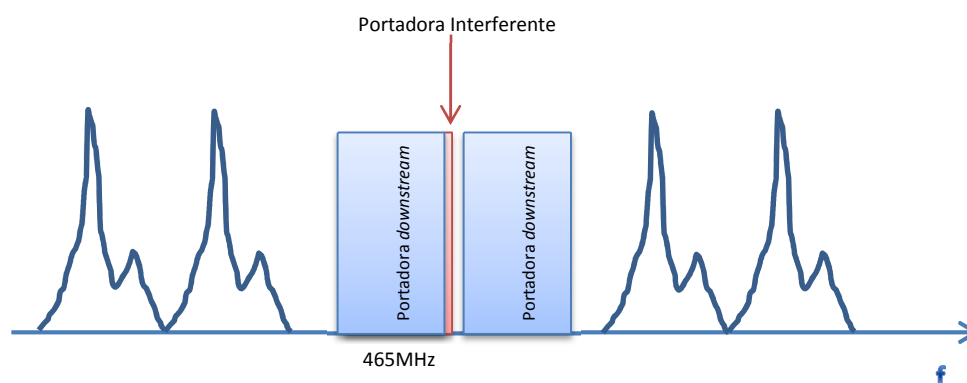


Figura 4.27 – Representação do espectro com portadora digital sobreposta.

Devido à potência de emissão do operador Rádio Móvel, que estava devidamente licenciada pela Anacom, era praticamente impossível blindar a componente coaxial da rede HFC para evitar a interferência, visto que o sinal poderia entrar pelos componentes de rede ou mesmo através dos equipamentos dos subscritores. A única solução para mitigar este problema foi retirar a nossa frequência de internet dos 465MHz e recolocar noutra parte do espectro, sendo uma operação complexa devido à organização da grelha de canais analógicos que obedece a regras restritivas.

4.6.3 – Rede de transmissão

Após a separação da PT Multimédia, atual ZON, da Portugal Telecom (PT), houve a necessidade de migrar todos os circuitos de transmissão ótica que estavam assentes na PT para uma infraestrutura própria de modo a poder reduzir custos de operação e expandir a rede. Por este motivo foi construída uma rede de fibra ótica em anel

que garante a cobertura do país, onde é transportada toda a informação necessária ao funcionamento de uma empresa com as características da ZON.

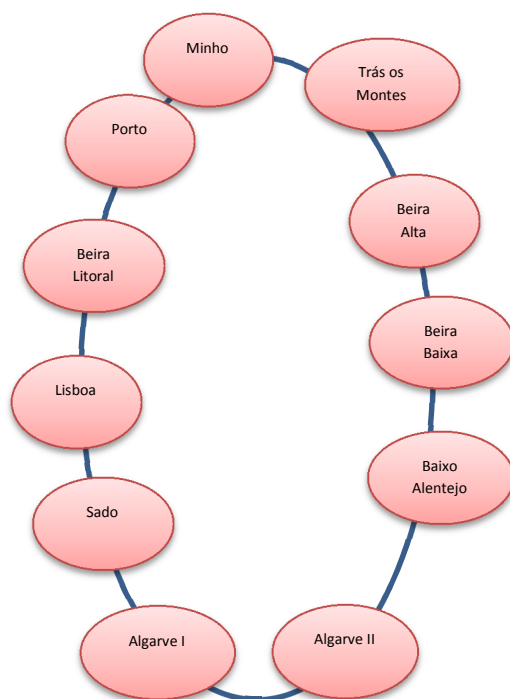


Figura 4.28 – Representação aproximada do anel de transmissão em fibra ótica.

Coube à direção de Operação e Manutenção de Rede assegurar o correto funcionamento desta nova infraestrutura, ao nível da camada física e de ligação. De referir que o anel ótico, o *backbone* da rede ZON, está assente em tecnologia de transmissão *DWDM* (*Dense Wavelength Division Multiplexing*), onde todos os serviços de televisão, dados e voz são transportados em diversos comprimentos de onda.

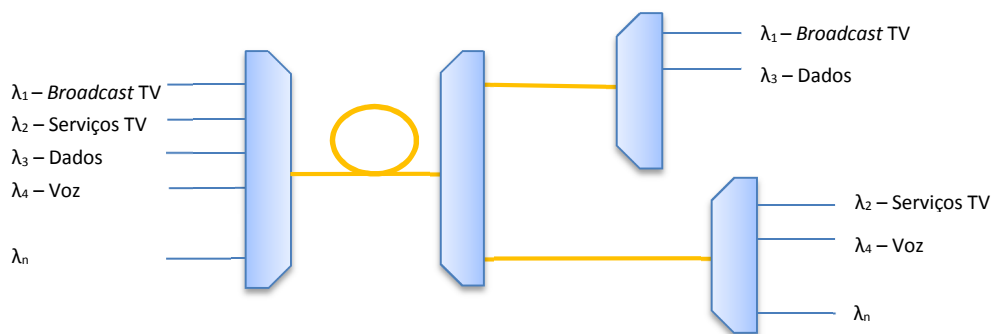


Figura 4.29 – Exemplo de uma rede distribuída DWDM.

A gama de funcionamento do *DWDM* encontra-se compreendida entre os 1530 e os 1565 nm, na chamada 3ª janela de transmissão ótica. As janelas são bandas cuja atenuação da fibra ótica no transporte de “luz” são menores face à distância percorrida.

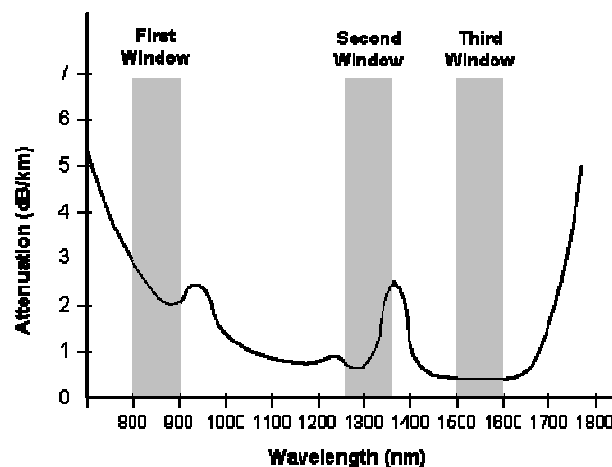


Figura 4.30 – Relação entre atenuação por km e comprimentos de onda de transmissão ótica, com detalhe das janelas.

Participo na supervisão da plataforma *U2000* que gere a transmissão de dados através dos diferentes elementos de rede, os *OSN6800* da *Huawei*, onde somos responsáveis no diagnóstico e resolução de problemas relacionados com as componentes óticas das cartas de transmissão. Tipicamente tenho de interpretar a existência de erros derivado de mau funcionamento ou envelhecimento dos *lasers*, identificar pontos de atenuação da rede ótica e garantir que em caso de corte de fibra, todas as diligências para a sua reparação são efetuadas no menor tempo possível. De salientar que esta componente de transmissão faz também parte das funções de prevenção que ainda desempenho atualmente.

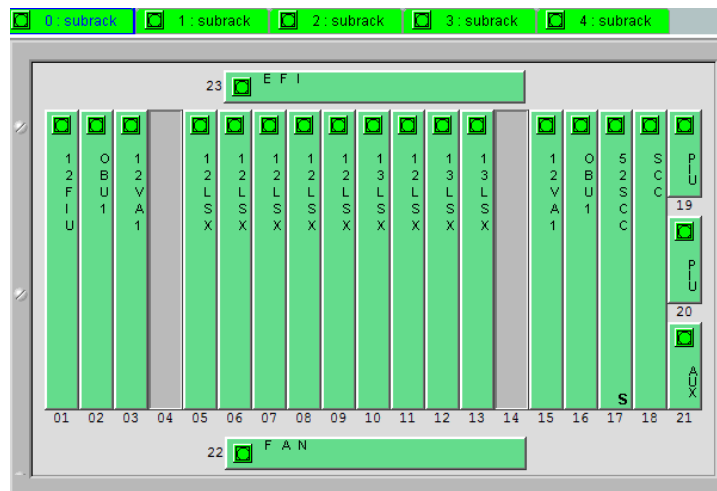


Figura 4.31 – Pormenor de *software* de supervisão de um chassis do *OSN6800* da *Huawei*.

Os elementos de rede *OSN6800* são equipamentos de transporte de dados em que os protocolos transportados (vídeo, *IP*, *SDH*, etc.) são transparentes para a emissão, para além de suportar a camada 3 referente à rede e ao encaminhamento dinâmico de tráfego (*routing* e *switching*). Trata-se de um equipamento escalável no qual cada chassis tem capacidade de acomodar 17 cartas que podem funcionar a diferentes taxas de transmissão, podendo ir de 2,5 até 100 Gbps. Para partilharem a mesma fibra ótica, cada uma destas cartas trabalha num comprimento de onda distinto, e o transporte pode alcançar cerca de 200 Km sem necessidade de regeneração do sinal ótico.

4.6.4 – Rede ótica local e o problema da dispersão

A rede ótica local encontra-se entre as salas técnicas, os *hubs*, e os nós óticos das células e, em determinadas zonas entre *hubs*, no âmbito da ZON. Esta rede difere da rede de transmissão abordada no ponto anterior, porque apenas transporta sinal de vídeo (*broadcast*) e dados encapsulados em RF em distâncias locais e sub-regionais, tipicamente inferior a 50 km sem regeneração de sinal. Do ponto de vista das minhas atividades profissionais também acaba por diferir ao nível de funções, na medida em que te-

mos maior controlo dos elementos ativos e arquitetura de rede, face ao sistema de rede de transmissão *Huawei* que é mais fechado em termos de gestão e otimização.

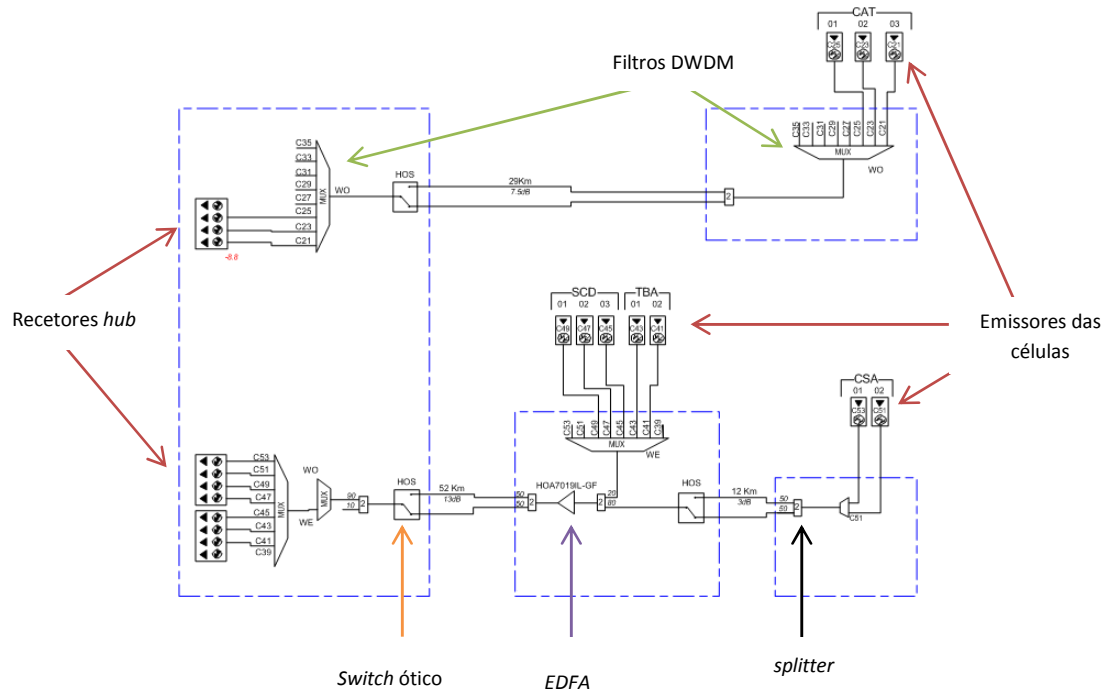


Figura 4.32 – Exemplo de uma rede ótica local, segmento *upstream*.

Devido a características geográficas, por vezes é necessário regenerar o sinal ótico de forma a levar o sinal a distâncias superiores a 50 km. A regeneração de sinal ótico, ou amplificação, na rede ótica local ZON é efetuada através de amplificadores do tipo *EDFA* (*Erbium Doped Fibre Amplifier*). Estes amplificadores assentam o seu funcionamento na dopagem de uma fibra de sílica com érbio, sobre a qual é injetada um comprimento de onda (980nm ou 1480nm) que combinado com o sinal de entrada consegue transferir-lhe energia, amplificando o sinal.

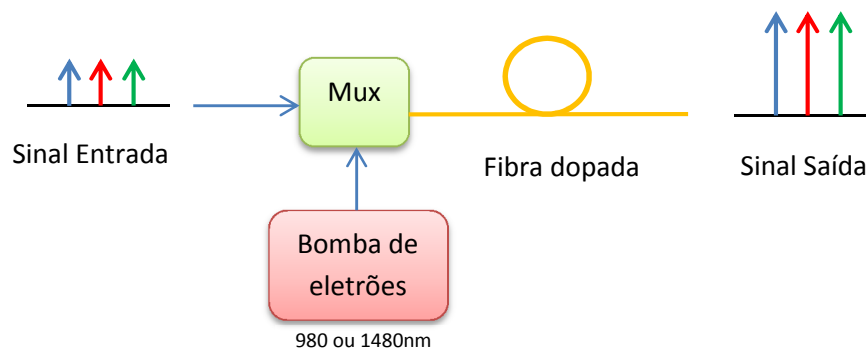


Figura 4.33 – Representação do funcionamento de um amplificador ótico do tipo *EDFA*.

Esta possibilidade de amplificar o sinal ótico, onde a componente de ruído adicionado é mínima, permite a emissão do sinal a longas distâncias. Contudo, um dos problemas com o qual nos deparámos, após a implementação de sucessivos *EDFAs* para chegar a *hubs* distantes, foi a existência de erros de transmissão. O desafio era descobrir o porquê de um sinal ótico com potência suficiente estar a provocar erros.

A primeira abordagem ao problema estava relacionada com os filtros de canais óticos, ou seja, se algum dos canais estaria a romper o isolamento do seu comprimento de onda e interferia um canal próximo. Esta possibilidade poderia fazer sentido em transmissão *DWDM*, no entanto em *CWDM* (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*), onde existe maior espaçamento entre canais, e que também utilizamos nas redes óticas locais ZON, não poderia acontecer. Em *DWDM* os canais óticos estão espaçados cerca de 0,8 nm, enquanto em *CWDM* o espaçamento situa-se nos 20 nm.

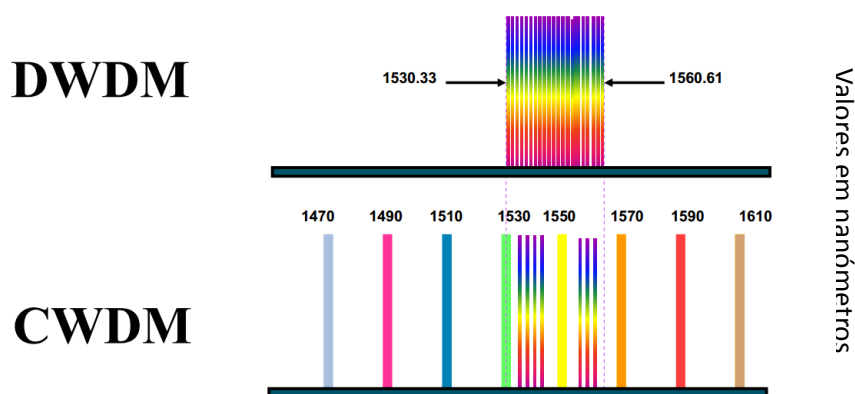


Figura 4.34 – Representação esquemática da diferença do espaçamento entre canais óticos.

Os equipamentos de medida de que dispúnhamos na manutenção por esta altura resumiam-se a medidores de potência ótica e *OTDR* (*Optical Time-Domain Reflectometer*). Os *OTDR* medem as reflexões de luz que uma fibra provoca após um impulso ótico de elevada potência. Estas reflexões permitem depois determinar a distância a que está um corte de fibra, uma atenuação, uma fusão ótica ou conetores. No entanto as medidas de potência ótica e os ensaios de *OTDR* também não mostravam qual o problema dos erros de transmissão reportados pelos recetores óticos.

Tal como no espectro RF, ao qual estávamos tão habituados, também aqui foi necessário recorrer a um analisador espectral para poder verificar em que condições estavam os canais óticos que geravam erros na receção, tipicamente os mais distantes. Nesta

situação fui o responsável de especificar um equipamento analisador de espectro ótico que se adequasse às características das redes óticas locais ZON. Após pesquisa de mercado, cheguei à conclusão que o *OSA 5000* do fabricante *JDSU* era o mais adequado, pois permitia analisar transmissões em *CWDM* e *DWDM* e medir o *OSNR* (*Optical Signal-to-Noise Ratio*) dos canais óticos, bem como medir com rigor sinais óticos a +23dBm, ou seja, analisar o sinal diretamente à saída de um emissor.

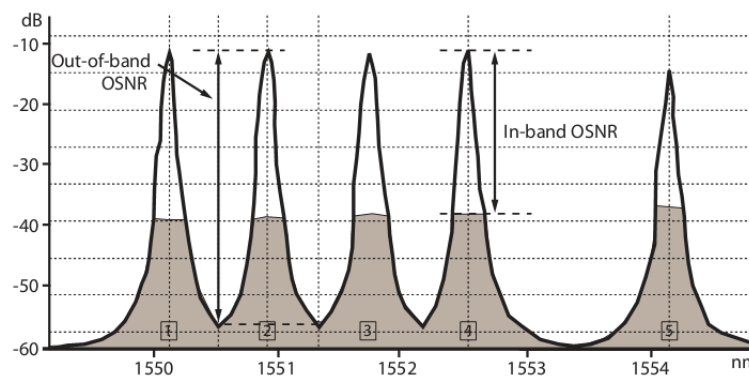


Figura 4.35 – Gráfico representativo da medida de *SNR* Ótico em canais *DWDM*.

Com a ajuda do analisador de espectro foi evidente a detecção de um problema de dispersão ótica na transmissão a distâncias mais longas, isto é, os canais óticos “espraiavam” em termos de largura, interferindo com os canais adjacentes e perdiam qualidade devido ao baixo *SNR* Ótico. Estes eram os fatores que provocavam os erros de transmissão, ou seja, o *BER* (*Bit Error Rate*) medido nos recetores óticos. A figura 4.35 representa o aspeto que os canais *DWDM* devem apresentar ao longo de uma transmissão. A seguir à atenuação nos cabos de fibra, a dispersão ótica é um dos fatores que limitam a distância a que se pode estabelecer uma comunicação em meio ótico.

Por fim, estando o problema da dispersão ótica identificado, a solução foi colocar passivos *DCM* (*Dispersion Compensation Modules*) adequados às distâncias percorridas com cabo de fibra. Os *DCM* a partir de uma bobine de fibra interna permitem somar o inverso da dispersão do sinal que entra no equipamento, compensando o efeito de dispersão ótica.

4.6.5 – FTTH

A partir de 2011, a direção de Operação e Manutenção de Rede, a que pertenço, passou a dar suporte a uma nova infraestrutura, o *FTTH* (*Fiber To The Home*). Atualmente esta infraestrutura de rede transporta até casa dos subscritores os mesmos serviços que existem na rede *HFC ZON*.

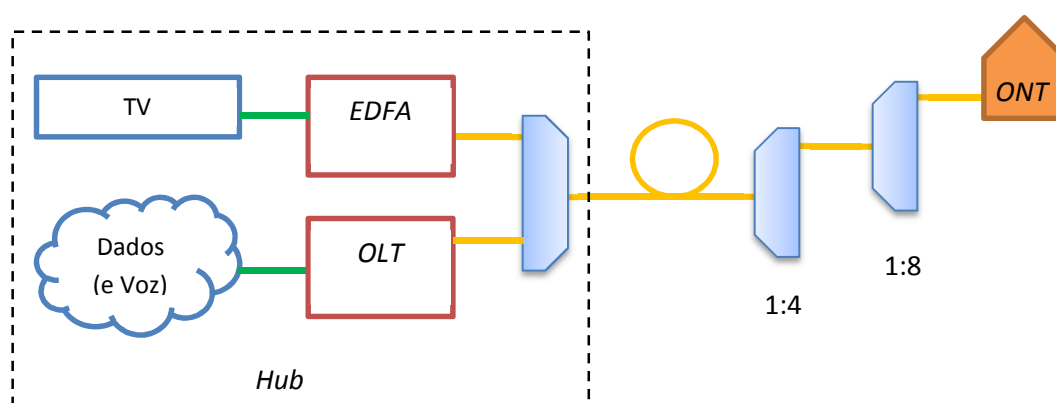


Figura 4.36 – Representação de uma rede ótica passiva (32 ligações) até casa do subscritor.

Participo na operação e manutenção da rede *FTTH*, tanto ao nível de indicadores na área da Análise de Rede como na gestão da qualidade de serviço, despiste e solução de problemas ao nível da Direção. Contudo, dada a natureza desta arquitetura de rede e o número de unidades de alojamento por parque de subscritores, o volume de incidentes é bastante reduzido face ao volume encontrado na rede homóloga em *HFC*. Esta característica deve-se, sobretudo, ao facto deste tipo de redes não ter elementos ativos entre o *hub* e a casa do subscritor, ou seja, é uma rede passiva ótica cujos únicos elementos no exterior são apenas os cabos e os *splitters* óticos.

Descrevendo a figura 4.36, no *hub* estão disponíveis o sinal de TV (*broadcast*), os dados e a voz que, na maioria das situações, chegam através da rede de transmissão abordado no ponto 4.6.3. A TV é entregue em RF ao equipamento *EDFA* que, embora tenha características específicas para *FTTH*, é um amplificador de sinal ótico. Os dados e a voz são entregues ao *OLT* (*Optical Line Termination*), que tem a mesma função do *CMTS* nas redes *HFC*, ou seja, é um *router* onde a principal interface gere e comunica

com os equipamentos óticos em casa do subscritor, os *ONT* (*Optical Network Terminal*). À saída do *EDFA* e do *OLT*, já em ótico, os sinais são combinados e partem para o exterior dando cobertura a 16, 32 ou 64 subscritores, consoante a distância do *hub* à área de cobertura. De referir que o sinal de TV é transmitido em RF *overlay* na fibra, ou seja, não é distribuído via *IP*, permitindo que os *CPEs* em casa dos subscritores sejam os mesmos que são utilizados na rede *HFC*.

Ao contrário dos comprimentos de onda abordados nos dois pontos anteriores, na rede de *FTTH* é também utilizada a segunda janela do espectro ótico na banda O.

Tabela 4.2 – Bandas de transmissão ótica em 2ª e 3ª Janela.

Banda	Designação	Comprimento de Onda
O	Original	1260 a 1360 nm
E	<i>Extended</i>	1360 a 1460 nm
S	<i>Short Wavelengths</i>	1460 a 1530 nm
C	<i>Conventional</i>	1530 a 1565 nm
L e U	<i>Long e Ultralong</i>	1565 a 1675 nm

A operação da rede *FTTH* da ZON tem de garantir que os sinais óticos chegam a casa do subscritor dentro dos parâmetros definidos em projeto, de acordo com os limites dos componentes ativos, nomeadamente os *ONT*.

Quando os parâmetros óticos estão fora dos intervalos definidos, a nossa responsabilidade é identificar os pontos da rede que poderão não estar a funcionar corretamente devido a um um *patch-cord* no *hub* queimado, atenuações excessivas na fibra, presença de água nos conetores² ou até cortes francos dos cabos óticos.

² Os conetores utilizados na rede *FTTH* ZON são todos do tipo *SC/APC*.

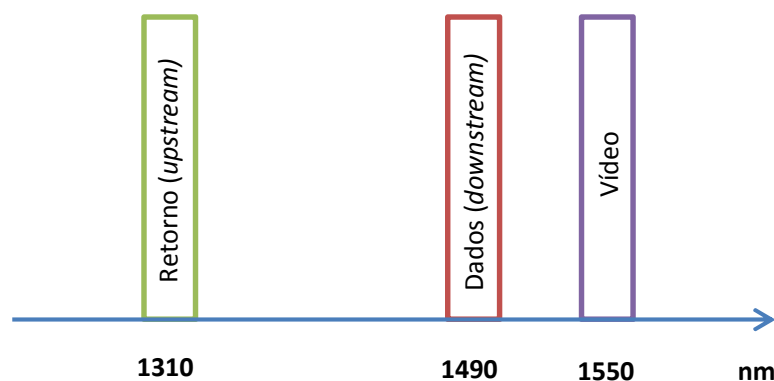


Figura 4.37 – Comprimentos de onda de funcionamento do *FTTH* na ZON.

4.6.6 – Gestão de projetos

Por último, mas não menos importante, a gestão de projetos é outra das atividades que desempenho no âmbito da Direção de Operações e Manutenção de Rede. O facto de, na área da Análise de Rede, ter acesso a diferentes tipos de relatórios, indicadores e ter a possibilidade de aplicar diferentes métricas aos dados disponíveis, permite-me por propor e gerir projetos no âmbito da manutenção, com vista à melhoria da qualidade de rede e do serviço entregue ao subscritor. No entanto, nem todos os projetos que tenho gerido são originados a partir da interpretação dos dados tratados pela Análise de Rede, alguns surgem de necessidades estratégicas da ZON.

Tipicamente determinados volumes de incidentes ou a degradações persistentes dos sinais transmitidos têm causas conhecidas, bem como as soluções, mas por vezes a dispersão dos acontecimentos não sugere a tomada de uma decisão evidente. Neste cenário, identifico o problema e a sua dimensão, propondo uma solução que evite novas ocorrências. Esta proposta é formada pelo custo financeiro da operação, plano de trabalhos com calendarização e pelas vantagens do projeto que justifiquem a sua execução.

No caso de a proposta ser vantajosa para a empresa, merecer aprovação superior e existir cabimento orçamental, o plano de trabalhos e respetiva calendarização é entregue ao gestor da área de Intervenções de Rede para iniciar os trabalhos. Nesta fase, a minha responsabilidade é controlar o cumprimento das diferentes etapas do projeto, tentando evitar ultrapassar o tempo necessário para cada tarefa. A componente financeira é previamente acordada com os parceiros técnicos facilitando o controlo necessário.

Após a conclusão do projeto é verificado se todos os pressupostos iniciais foram implementados e inicia-se o período de recolha de dados. Esta recolha de dados irá permitir fazer a comparação entre a performance existente antes da implementação do projeto e a performance posterior, avaliando as mais-valias geradas para a operação e manutenção das redes de acesso *HFC*.

Durante as minhas funções na Análise de Rede já fui responsável da gestão de vários projetos, sendo os mais relevantes:

- **Substituição de amplificadores por incompatibilidade do *diplexer*:**

O *diplexer* é o componente que contém os filtros necessários à separação das bandas de retorno e de via direta nos amplificadores de redes *HFC*. Amplificadores mais antigos tinham *diplexers* que cortavam a banda de retorno ao 42MHz e deixavam passar a via direta a partir dos 54MHz. Contudo, para aumentar a largura de banda no retorno, foi necessário substituir estes amplificadores por outros, novos, com *diplexers* que permitissem o funcionamento da banda de retorno até aos 65MHz, começando a via direta a partir dos 85MHz.

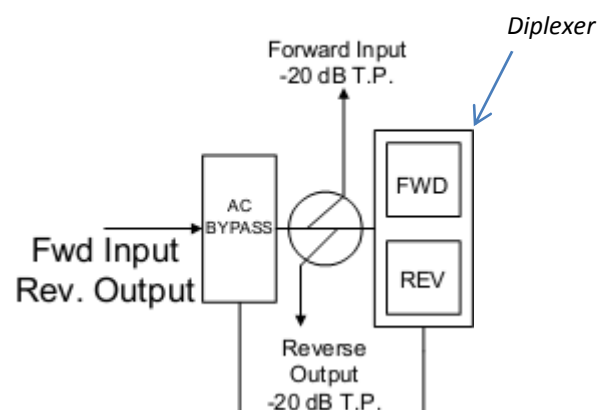


Figura 4.38 – Representação de um *diplexer* numa entrada/saída principal de um amplificador de rede.

Neste projeto fui responsável pela troca de cerca de 8000 amplificadores, que existiam na rede com *diplexers* 42/54MHz, garantindo que todos os ampli-

cadotes instalados eram testados com a emissão de uma portadora aos 59MHz no sentido da célula para o *hub*, e que os prazos eram cumpridos com rigor.

- **Troca de conetores nas redes coaxiais instaladas em prédios:**

Para minimizar os incidentes que tinham origem em conetores dos cabos coaxiais instalados no interior dos prédios propusémos a troca de conetores de esmagamento por conetores de compressão. Para este caso foi identificada uma zona residencial com elevado número de ocorrências, onde a responsabilidade era a avaria dos conetores de esmagamento.



Figura 4.39 – Exemplo de conetores a) Conetor de esmagamento b) Conetor de compressão.

A razão da maior taxa de incidentes referentes a conetores de esmagamento face aos de compressão está relacionada com a diferença mecânica na ligação ao cabo coaxial, que nos conetores de esmagamento é mais eficiente e duradoura. De salientar que cronologicamente os conetores de compressão são mais recentes do que os conetores de esmagamento.

Após a substituição dos conetores no local de controlo, o número de avarias relacionadas com conetores reduziu-se consideravelmente. O sucesso desta ação definiu novos métodos na operação e manutenção de rede, ou seja, o corte de serviço a um subscritor com origem num conetor do prédio obriga o técnico a substituir todos os conetores de esmagamento que existam nesse prédio por conetores de compressão.

De salientar que a troca de conetores trouxe ainda a vantagem de baixar o patamar de ruído na banda de retorno, isto é, melhorou consideravelmente o *SNR* das portadoras de *upstream*.

- **Securização de armários exteriores de energia:**

Como referido anteriormente, as redes *HFC* necessitam de alimentação de energia elétrica para o seu funcionamento. Essa alimentação é efetuada ao longo da rede de uma célula, obrigando a que a infraestrutura de apoio à alimentação esteja implementada em armários na via pública. Deste modo, esta infraestrutura está suscetível a atos de vandalismo, nomeadamente furtos dos elementos que permitem a alimentação ininterrupta em caso de falha de energia da rede EDP.

Para evitar o furto do equipamento e a interrupção do fornecimento dos serviços aos subscritores, tivemos de encontrar soluções de securização dos elementos, baterias de 12V/70Ah e os onduladores/inversores, deste tipo de armários. Foi necessário reunir todos os tipos de armários de que dispomos, de vários fornecedores, projetar pontos de securização no interior dos diferentes armários e solicitar aos fabricantes dos mesmos a implementação de *kits* de securização que permitissem a instalação nos armários já existentes.

Este é um projeto que ainda hoje continua em execução, visto que é praticamente impossível evitar na totalidade que os sistemas de securização não sejam violados. No entanto, os indicadores dizem-nos que o número de ocorrências diminuiu bastante face ao período em que não existia qualquer sistema de prevenção ao furto. De referir que os novos armários instalados já vêm atualmente com sistemas integrados de securização, desenvolvidos a partir das especificações dadas por nós, devido às características singulares da rede *HFC ZON* no panorama nacional.

4.7 – Funções desempenhadas ao nível da estrutura corporativa

Para além das funções descritas no ponto 4.6, que se situavam ao nível da Direção de Operação e Manutenção de Rede, este ponto pretende descrever as principais funções desempenhadas a um nível superior à Direção a que pertencem, isto é, funções transversais às Áreas Técnicas da ZON.

4.7.1 – *ITIL*

Em finais de 2009 verificou-se na ZON a necessidade de reorganizar e catalogar todos os processos e serviços realizados pelas áreas técnicas de forma a tornar mais eficiente a relação entre diferentes direções e grupos de trabalho, com o objetivo final de melhorar a satisfação dos subscritores. O *ITIL (Information Technology Infrastructure Library)* foi o “veículo” encontrado para realizar esta transformação.

O *ITIL* é a abordagem mais largamente aceite para gestão de serviços. É uma estrutura coesa de melhores práticas, desenhada a partir dos sectores públicos e privados internacionais. Descreve a organização de recursos para proporcionar valor ao Negócio e documenta os processos, funções e papéis na gestão de serviços *IT* [15].

Iniciámos a integração do *ITIL*, na versão 2, focados no *Service Support* da estrutura de *Service Management*. Isto porque a direção de Redes de Acesso está integrada num grupo de direções que asseguram o suporte tecnológico necessário à prestação dos serviços entregues ao subscritor. A figura 4.40 enquadra o *Service Support* na estrutura proposta na versão 2 do *ITIL*, face às restantes áreas.

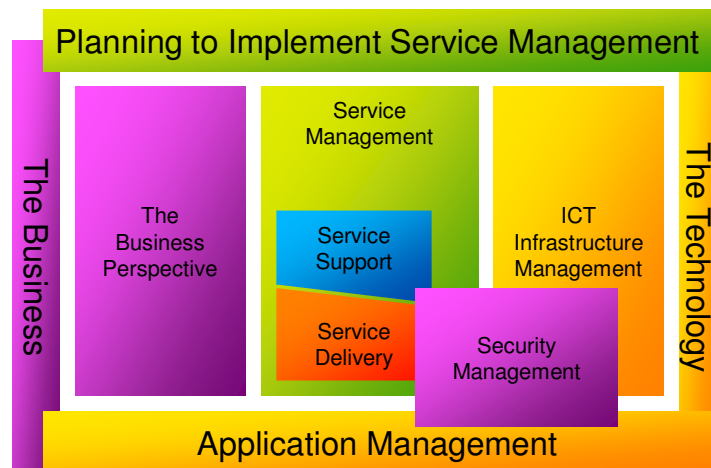


Figura 4.40 - Estrutura (*framework*) do ITIL versão 2.

O *Service Support* engloba os processos necessários para assegurar a qualidade dos serviços de apoio ao Negócio, gerindo problemas decorrentes da atividade e proporcionar mudanças nas infraestruturas *TI* que evitem problemas futuros. Esta área do *ITIL* está ligada à atividade transversal a toda a empresa na melhoria contínua dos processos ZON. O *Service Support* é composto por cinco áreas de gestão relacionais:

- **Gestão de Incidentes – Inclui o *Service Desk*:**

A Gestão de Incidentes tem como principal objetivo repor a continuidade dos serviços após a ocorrência de um incidente, independentemente do método de resolução, ou seja, se foi resolvido provisória ou definitivamente. O âmbito deste processo é exclusivamente reativo. Na realidade ZON o *Service Desk* está incluído na Gestão de Incidentes, e esta área funciona como ponto agregador na receção de todos os incidentes que são registados no sistema de informação de suporte ao ITIL, o HP-SM (HP Service Manager).

- **Gestão de Problemas:**

Relativamente à Gestão de Problemas, esta área é responsável por encontrar soluções que evitem a ocorrência de incidentes sucessivos na mesma infraestrutura, sendo proativa nesta função. Todos os incidentes que não tenham solução imediata são também encaminhados para a Gestão de Problemas.

- **Gestão de Alterações:**

A área da Gestão de Alterações é responsável pelas modificações efetuadas nas infraestruturas IT de forma a evitar incidentes e tornar os processos de Negócio mais eficientes. Alterar uma modulação de 16 QAM para 64 QAM que proporciona um aumento dos dados transmitidos numa portadora com a mesma largura de banda, é o exemplo de um processo despoletado pela Gestão de Alterações.

- **Gestão de Entregas:**

A Gestão de Entregas trabalha em parceria com a área anterior, uma vez que é a responsável por colocar em produção todas as modificações na infraestrutura criadas pela Gestão de Alterações, tendo a responsabilidade de assegurar que a mudança não provoca impactos negativos nos serviços prestados.

- **Gestão de Ativos e Configurações:**

Por último a Gestão de Ativos e Configurações assegura o registo dos elementos (*CI – Configuration Item*) que compõem a infraestrutura da organização numa base de dados (*CMDB – Configuration Managment Database*). Todos os incidentes, problemas e alterações são focados nos elementos da infraestrutura que dão suporte aos serviços, e consequentemente ao Negócio. Como exemplo podemos dizer que o amplificador com um determinado número de série foi o responsável pelos incidentes de corte de serviço registados em determinadas datas. Outro exemplo são as configurações dos routers e *CMTSs* que também estão registados e documentados na *CMDB*.

Nesta estrutura *ITIL* aplicada à realidade ZON fui nomeado Gestor de Entregas com o objetivo de planear e acompanhar os *rollouts* de *hardware* e *software*, implementar procedimentos de entregas e assegurar que as alterações são controladas. Como Ges-

tor de Entregas tenho ainda a responsabilidade de gerir expectativas de calendário dos clientes (internos), acordar o conteúdo e plano de *rollout* para cada entrega e interagir com a Gestão de Ativos e Configurações para garantir que todo o *hardware* e configurações que estão envolvidos são controláveis. Este controlo é importante em cenário de *rollback*, ou seja, permitir que na possibilidade de uma entrega não entrar em produção, assegurar que as configurações anteriores podem voltar a funcionar como até então.

O processo de entregas (*releases*), tem origem num pedido de alteração que após aprovação é desenvolvido e testado. Depois da alteração estar pronta, tenho de calendarizar o processo de entrada em produção com todas as equipas envolvidas, garantindo que existe um plano de *rollback*. Após a implementação é feita a verificação pós implementação juntamente com a área da Gestão de Alterações e em caso de sucesso informar a Gestão de Ativos e Configurações para que a *CMDB* seja atualizada.

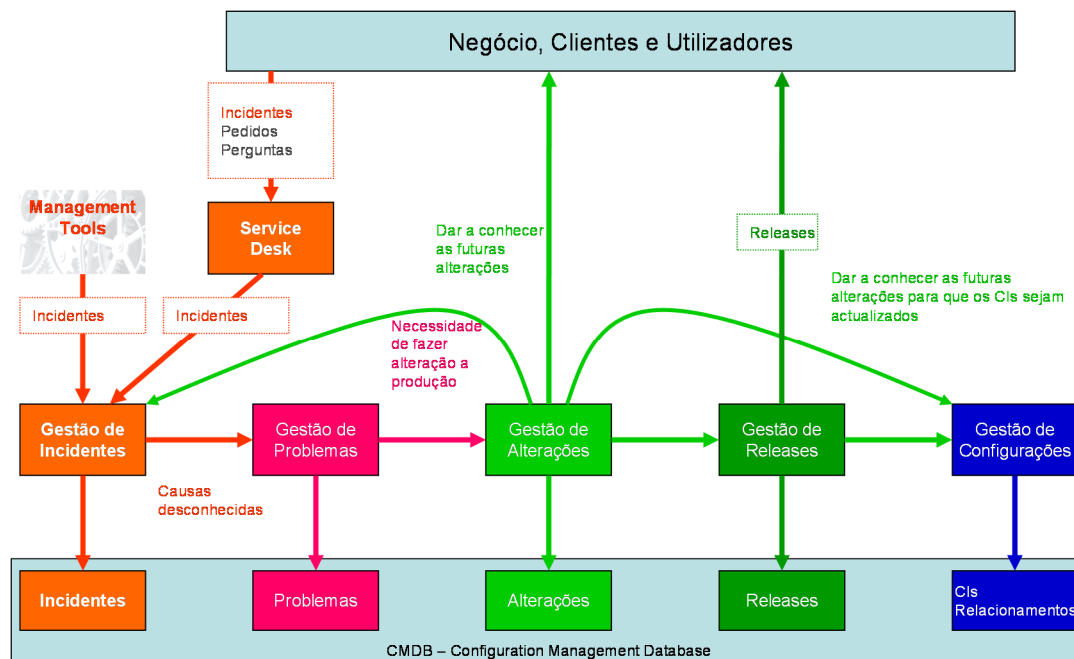


Figura 4.41 – Diagrama de fluxo entre as áreas do *Service Support*.

A figura 4.41 pretende resumir os fluxos processuais assentes no *Service Support* do *ITIL* versão 2, existentes na ZON. Dos elementos que desencadeiam todas estas atividades processuais, o Negócio, os Clientes e os Utilizadores, os Clientes podem não ser o subscritor que contrata os serviços, mas sim Clientes internos da organização.

O exemplo da alteração de modulação descrito anteriormente é solicitado por uma área comercial que apenas pretende ter disponível velocidades mais rápidas, sendo este o Cliente das áreas técnicas responsáveis pelo *Service Support*.

4.7.2 - Análise de Impacto no Negócio

A Análise de Impacto no Negócio (*BIA - Business Impact Analysis*) é uma componente essencial do Plano de Continuidade de Negócios (*BCP – Business Continuity Planning*) de uma organização como a ZON. O resultado da análise é o relatório *BIA* que descreve os potenciais riscos específicos das áreas e propõe medidas que minimizem o impacto na continuidade do Negócio após a ocorrência de uma catástrofe. A Análise de Impacto no Negócio é o seguro menos dispendioso que uma empresa pode ter pois deverá garantir o rápido restabelecimento do seu funcionamento após uma interrupção não planeada [16].

Nesta atividade fui responsável pelo levantamento dos potenciais riscos, específicos da direção de Operações e Manutenção de Rede, e pela elaboração de medidas de recuperação célere.

- Principais Riscos:

Os riscos associados a uma área de manutenção e operação de rede com as características das redes *HFC* e de transmissão ótica baseiam-se em 3 pilares: energia, equipamento/material e recursos humanos. Na ausência de um destes 3 elementos, a disponibilização de serviços aos subscritores ficaria seriamente afetada.

- Medidas de Recuperação:

As medidas de recuperação foram compiladas em tabelas que registam as quantidades normais e mínimas indispensáveis ao funcionamento provisório, características de um relatório *BIA*. Como exemplo, ao nível das energias, foi feito um levantamento de todos os geradores elétricos e a sua localização geográfica disponíveis nos *hubs* ZON e nos armazéns dos parceiros técnicos.

Relativamente ao equipamento e material o levantamento foi semelhante ao caso das energias em termos de quantidades e localização, adicionando o facto de termos especificado diferentes fornecedores para equipamentos vitais no caso de haver rutura de stock do fornecedor tradicional.

Quanto aos recursos humanos, foram aferidos os tipos de trabalho que podem ser efetuados fora do escritório ZON com o acesso a *VPNs* e quais as funções que podem ser suspensas para auxiliar outras funções mais operacionais, bem como o número mínimo funcional de recursos. O mesmo foi efetuado relativamente aos parceiros técnicos, identificando quantas equipas estariam disponíveis caso existisse apenas uma capacidade de funcionamento de 10%.

O exercício de criação de um relatório da Análise de Impacto no Negócio acabou por trazer vantagens para o quotidiano da direção de Operações e Manutenção de Rede, na medida em que conhecendo melhor o processo em que estamos inseridos, mais facilmente podemos torná-lo mais eficiente. Associando ao *BIA* os conceitos de 6-sigma e *kaizen*, aplicados à realidade da indústria das telecomunicações, foi possível reduzir determinados tempos de execução em situações de catástrofes de menor escala, como por exemplo a intempérie que assolou a zona centro do país em Janeiro de 2013.

Capítulo 5 - Conclusões

Praticamente 7 anos após a conclusão da Licenciatura em Engenharia de Electrónica e Computadores efetuada na Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, posso concluir que as minhas atividades profissionais desempenhadas até agora foram fortemente cunhadas pela aprendizagem nesta Instituição. De forma direta, as cadeiras técnicas de Telecomunicações, Electrónica, Eletrotecnia, Sistemas Digitais, Controlo, Processamento Digital de Sinal, em inúmeras situações do meu quotidiano profissional foram determinantes para a interpretação e solução de problemas encontrados.

As cadeiras de Sociologia Industrial, Economia, Gestão Estratégica e Qualidade, cadeiras de forma global não técnicas, também acabaram por se revelar importantes no decorrer das atividades desempenhadas, pois considero que me auxiliaram na gestão de equipas técnicas, no planeamento financeiro de alguns projetos e na interpretação das estratégias de Negócio.

A Licenciatura em Engenharia de Electrónica e Computadores a nível geral, concedeu-me as valências necessárias para abordar de forma positiva a solução de problemas para os quais não tive formação específica, ou seja, considero que atingi um dos objetivos da formação superior que é a preparação para novos desafios profissionais.

As atividades profissionais que desempenhei nestes últimos anos, na empresa ZON, foram em grande parte dedicadas a operações e manutenção. Neste sentido, as ações de desenvolvimento e disrupção foram em menor número face às ações de melhoria, continuidade e garantia de qualidade. Contudo, as operações e manutenção permitiram-me também aprofundar o conhecimento das tecnologias abordadas, numa perspetiva de especialização técnica nestas áreas de telecomunicações tão específicas.

O processo de fusão entre a ZON e a Optimus atualmente em curso, irá integrar as operações e manutenção das duas empresas numa só direção. Neste cenário estou convicto que, num futuro próximo, a minha área de atuação deixará de estar centrada apenas nas redes *HFC*, *FTTH* e de transmissão ótica, passando a incluir também a tecnologia associada às comunicações móveis. Não será sem dúvida um problema de des-

conhecimento da tecnologia, porque o desenho, dimensionamento e conceitos gerais das redes móveis foram sobejamente abordadas nas cadeiras de telecomunicações que faziam parte do plano curricular da Licenciatura.

O meu futuro profissional contará certamente com os conhecimentos adquiridos no decorrer das atividades profissionais, aqui relatadas, que me permitiram e permitem continuar a consolidar conhecimentos numa perspectiva de evolução iniciada na Licenciatura em Engenharia de Electrónica e Computadores.

Bibliografia / Referências On-Line

1. European Higher Education Area
<http://www.ehea.info/> (acesso Janeiro 2013).
2. Concelho Técnico-Científico EST Setúbal -
Obtenção do Grau de Mestre por Licenciados “Pré Bolonha”, 2011.
3. Quadro Comunitário de Apoio III Portugal 2000-2006
<http://www.qca.pt/pos/prodep.asp> (acesso Janeiro 2013).
4. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal
http://www.si.ips.pt/ests_si/web_page.inicial (acesso Janeiro 2013).
5. Eduroam
<https://www.eduroam.org/> (acesso Fevereiro 2013).
6. ZON
<http://www.zon.pt/Pages/Home.aspx> (acesso Setembro 2013)
7. Cintra Torres, Nuno – *Impactos ZON na economia Portuguesa*, 2011, Edição DCM ZON.
8. Large, David e Farmer, James - *Broadband Cable Access Networks: The HFC Plant*, 2009, Morgan Kaufmann.
9. Ciciora, Walter e Adams Michael - *Modern Cable Television Technology*, 2004, Morgan Kaufmann.
10. Cripps, Steve - *RF Power Amplifiers for Wireless Communications*, 2006, Artech House.

11. Cachon, Gerard e Terwiesch, Christian - *Matching Supply with Demand: An Introduction to Operations Management*, 2008, McGraw-Hill.

12. CableLabs

<http://www.cablelabs.com/cablemodem/specifications/specifications30.html>

(acesso Maio 2013).

13. Agrawal, Govind P. - *Fiber-Optic Communication Systems*, 2010, Wiley.

14. Derickson, Dennis - *Fiber Optic Test and Measurement*, 1997, HP.

15. Vários - *ITIL Lifecycle Suite*, 2011, UK Cabinet Office.

16. Wikipedia

http://en.wikipedia.org/wiki/Business_impact_analysis (acesso Setembro 2013).